


e)

OPTICAL MODULATING DEVICE AND ITS MANUFACTURE, AND ELECTRONIC EQUIPMENT USING SAME OPTICAL MODULATING DEVICE

Patent Number: JP9159937
Publication date: 1997-06-20
Inventor(s): ATOBE MITSUAKI; KOEDA SHUJI; YOTSUYA SHINICHI
Applicant(s): SEIKO EPSON CORP
Requested Patent:  JP9159937
Application Number: JP19950337877 19951201
Priority Number(s):
IPC Classification: G02B26/08
EC Classification:
Equivalents:

Abstract

PROBLEM TO BE SOLVED: To equip the device with extremely small mirrors which can be manufactured at high yield.

SOLUTION: The optical modulating device is composed of a conductive silicon-made mirror substrate 100 and a glass-made electrode substrate 200 containing Na by anode connection. The silicon-made mirror substrate 100 has micromirrors 102 arranged in matrix, torsion bars 104 connecting the micromirrors 102 in an X direction, and a frame part 106 to which both ends of the torsion bars 104 are connected. The glass-made electrode substrate 200 has a recessed part 202 as its center area, a raised part 204 as its periphery, a column part 210 projecting in the recessed part 202, and electrodes 214 and 216 and wires 218 and 220 which are formed in the recessed part 202 and drive the micromirrors to slant. Both the ends of the torsion bars 104 and the frame part 106 are joined to the raised part 204 and the intermediate parts of the torsion bars 104 are joined to the column part 210. Both the ends of the torsion bars 104 are disconnected from the frame part 106 in dicing.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

e)

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平9-159937

(43)公開日 平成9年(1997)6月20日

(51)Int.Cl.⁶
G 0 2 B 26/08

識別記号 庁内整理番号

F I
G 0 2 B 26/08

技術表示箇所
E

審査請求 未請求 請求項の数27 F D (全 24 頁)

(21)出願番号 特願平7-337877

(22)出願日 平成7年(1995)12月1日

(71)出願人 000002369

セイコーエプソン株式会社
東京都新宿区西新宿2丁目4番1号

(72)発明者 跡部 光朗

長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

(72)発明者 小枝 周史

長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

(72)発明者 四谷 真一

長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

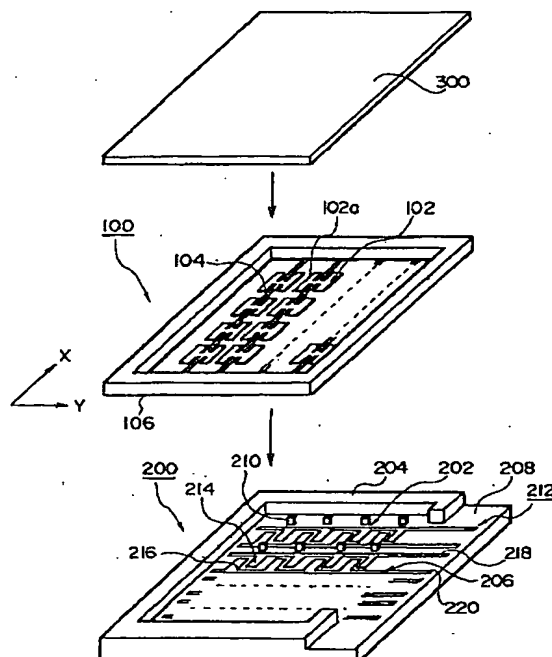
(74)代理人 弁理士 井上 一 (外2名)

(54)【発明の名称】 光変調装置及びその製造方法並びにその光変調装置を用いた電子機器

(57)【要約】

【課題】 高い歩留まりにて製造できる微小ミラーを備えた光変調装置及びその製造方法を提供すること。

【解決手段】 導電性のシリコン製ミラー基板100と、Naを含有するガラス製電極基板200とが、陽極接合されて光変調装置が構成される。シリコン製ミラー基板100は、マトリクス状に配設された微小ミラー102と、微小ミラー102をX方向にて連結するトーションバー104と、トーションバー104の両端が連結された枠状部106とを有する。ガラス製電極基板200は、中央領域の凹部202と、その周囲の立ち上げ部204と、凹部202内に突出する支柱部210と、凹部202内に形成されて微小ミラーを傾斜駆動させる電極214、216及び配線218、220を有する。トーションバー104の両端及び枠状部106は立ち上げ部204と接合され、トーションバー104の中間部は支柱部210と接合される。トーションバー104の両端は、ダイシング時に枠状部106から切り離される。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 光変調装置の製造方法において、

(a) 一ライン状又はマトリクス状に配列された複数の微小ミラーと、

前記微小ミラーを一方向にて連結するトーションバーと、

を有し、少なくとも前記微小ミラーの片面に反射層が形成された、導電性のシリコン製ミラー基板を形成する工程と、

(b) 中央領域の凹部と、
その周囲の立ち上げ部と、

前記凹部内であって各々の前記微小ミラーと対応する位置に導電層が形成され、クーロン力により前記微小ミラーを傾斜駆動させる電極群と、

前記一方向で隣合う2つの前記微小ミラー間と対応する位置にて前記凹部より突出形成された支柱部と、
を有する電極基板を形成する工程と、

(c) 少なくとも前記シリコン製ミラー基板の前記トーションバーの中間部と前記電極基板の前記支柱部とを対面させて、前記シリコン製ミラー基板と前記電極基板とを接合する工程と、

を有することを特徴とする光変調装置の製造方法。

【請求項2】 請求項1において、

前記(a)工程は、

シリコン基板中に不純物をドーピングしてドーピング層を形成する工程と、

前記シリコン基板の一面に窓形成用の第1のマスクを、他の一面に前記複数の微小ミラー及び前記トーションバーを形成するための第2のマスクをそれぞれパターニングする工程と、

前記第1のマスクを用いて、前記ドーピング層が露出するまで前記シリコン基板をエッチングする工程と、

前記第2のマスクを用いて、前記ドーピング層をエッチングする工程と、

前記第1、第2のマスクを除去し、前記ドーピング層により前記微小ミラー及びトーションバーを形成する工程と、
前記ドーピング層の前記微小ミラーの片面に前記反射層を形成する工程と、

を有して、前記シリコン製ミラー基板を形成することを特徴とする光変調装置の製造方法。

【請求項3】 請求項1において、

前記(a)工程は、前記トーションバーの両端が連結され、前記微小ミラーが配置される領域を囲む枠状部が、前記シリコン製ミラー基板に形成される工程を含み、

前記(c)工程は、前記シリコン製ミラー基板の前記枠状部及び前記トーションバーの両端部と、前記電極基板の前記立ち上げ部とを接合する工程を含み、前記(c)工程の後に、前記トーションバーの両端部を、前記シリコン製ミラー基板の前記枠状部から切り離す工程を設けたことを特徴とする光変調装置の製造方法。

【請求項4】 請求項3において、

前記(a)工程は、

シリコン基板中に不純物をドーピングしてドーピング層を形成する工程と、

前記シリコン基板の一面に窓形成用の第1のマスクを、他の一面に前記複数の微小ミラー、前記トーションバー及び前記枠状部を形成するための第2のマスクをそれぞれパターニングする工程と、

前記第1のマスクを用いて、前記ドーピング層が露出するまで前記シリコン基板をエッチングする工程と、

前記第2のマスクを用いて、前記ドーピング層をエッチングする工程と、

前記第1、第2のマスクを除去し、前記ドーピング層により前記微小ミラー、トーションバー及び枠状部を形成する工程と、

前記ドーピング層の前記微小ミラーの片面に前記反射層を形成する工程と、

を有して、前記シリコン製ミラー基板を形成することを特徴とする光変調装置の製造方法。

【請求項5】 一ライン状又はマトリクス状に複数の微小ミラーを備えた光変調装置の製造方法において、

(a) 中央領域の凹部と、
その周囲の立ち上げ部と、

前記凹部内であって各々の前記微小ミラーと対応する位置に導電層が形成され、クーロン力により前記微小ミラーを傾斜駆動させる電極群と、

一方向で隣合う2つの前記微小ミラー間と対応する位置にて前記凹部に突出形成された支柱部と、
を有する電極基板を形成する工程と、

(b) 片面に不純物がドーピングされたドーピング層が形成されたシリコン基板と、前記電極基板とを、少なくとも前記電極基板の前記支柱部と前記ドーピング層とを対面させて接合する工程と、

(c) 前記ドーピング層を残して前記シリコン基板をエッチングして除去する工程と、

(d) 前記ドーピング層の表面に反射層を形成する工程と、

(e) 前記ドーピング層及び反射層をエッチングして、

前記電極群と対向する位置に複数の前記微小ミラーを形成し、

前記微小ミラーを前記一方向にて連結し、該一方向にて隣合う2つの前記微小ミラー間で前記支柱部と接合され、かつ、その両端が前記立ち上がり部又は支柱部と接合されたトーションバーを形成し、

前記ドーピング層及び反射層からシリコン製ミラー基板を形成する工程と、
を有することを特徴とする光変調装置の製造方法。

【請求項6】 請求項5において、

前記(e)工程は、前記トーションバーの両端が連結され、前記微小ミラーが配置される領域を囲む位置にて前記立ち上げ部と接合された枠状部を、前記シリコン製ミ

ラー基板に形成する工程を含み、
前記(e)工程の後に、前記トーションバーの両端部を、前記シリコン製ミラー基板の前記棒状部から切り離す工程を設けたことを特徴とする光変調装置の製造方法。

【請求項7】 請求項4乃至6のいずれかにおいて、
前記ドーパ層の不純物濃度は $1 \times 10^{18} \text{ atm/cm}^3$ 以上であり、
前記シリコン基板のエッチング時に前記ドーパ層をエッチングストップ層として用いることを特徴とする光変調装置の製造方法。

【請求項8】 請求項5又は6において、
前記電極基板は光透過性を有するガラス製電極基板にて形成され、
前記ガラス製電極基板側から前記電極群のパターンの位置を観測し、そのパター位置を基準にして、前記(e)工程のエッチングのためのマスクパターン合わせ実施することを特徴とする光変調装置の製造方法。

【請求項9】 請求項1乃至8のいずれかにおいて、
前記電極基板は、アルカリ金属を含有するガラス製電極基板にて形成され、
前記接合工程として陽極接合法を用いることを特徴とする光変調装置の製造方法。

【請求項10】 請求項9において、
前記立ち上げ部及び支柱部と対応する位置をマスクして、アルカリ金属を含有するガラス板をエッチングして、所定深さの前記凹部を形成する工程と、
前記凹部の底面に、前記電極群を形成する工程と、
により、前記ガラス製電極基板を形成することを特徴とする光変調装置の製造方法。

【請求項11】 請求項8乃至10のいずれかにおいて、
前記電極群を透明電極にて形成し、
前記ガラス製電極基板と前記シリコン製ミラー基板との間に、異物混入があるか否かを前記ガラス製電極基板側から検査する工程をさらに有することを特徴とする光変調装置の製造方法。

【請求項12】 請求項1乃至11のいずれかにおいて、
前記微小ミラーが前記電極群と対向する面側に、絶縁膜を形成する工程をさらに有することを特徴とする光変調装置の製造方法。

【請求項13】 請求項12において、
前記微小ミラーに形成された前記絶縁膜と対向する前記電極群の表面を粗面に形成することを特徴とする光変調装置の製造方法。

【請求項14】 請求項12において、
前記絶縁膜上であって、前記トーションバーより離れた位置に絶縁性突起を形成する工程をさらに有することを特徴とする光変調装置の製造方法。

【請求項15】 請求項12において、
前記電極基板の前記凹部の底面より、前記立ち上げ部及び前記支柱部の天面より低い高さで突出形成され、傾斜駆動時に前記微小ミラーと当接して傾き角を決定する絶縁性ストッパーを形成する工程をさらに有することを特徴とする光変調装置の製造方法。

【請求項16】 請求項1乃至15のいずれかにおいて、
前記シリコン製ミラー基板を覆い、かつ、傾斜駆動される前記微小ミラーと干渉しない位置にて、前記シリコン製ミラー基板上に透明カバー基板を接合する工程をさらに有することを特徴とする光変調装置の製造方法。

【請求項17】 不純物がドーパされた導電性のシリコン製ミラー基板と、電極基板とが接合されて一体化され、

前記シリコン製ミラー基板は、
一ライン状又はマトリクス状に配列され、片面に反射層が形成された複数の微小ミラーと、
前記微小ミラーを一方向にて連結するトーションバーと、を有し、
前記電極基板は、
中央領域の凹部と、
その周囲の立ち上げ部と、
前記凹部内であって各々の前記微小ミラーと対応する位置に形成され、クーロン力により前記微小ミラーを傾斜駆動させる電極群と、
前記一方向で隣合う2つの前記微小ミラー間と対応する位置にて前記凹部に突出形成された支柱部と、
を有し、
少なくとも前記シリコン製ミラー基板の前記トーションバーの中間部と前記電極基板の前記支柱部とが対面して、前記シリコン製ミラー基板と前記電極基板とが接合されていることを特徴とする光変調装置。

【請求項18】 請求項17において、
前記電極基板は、アルカリ金属を含有するガラス製電極基板にて形成され、
前記ガラス製電極基板と前記シリコン製ミラー基板とが陽極接合されていることを特徴とする光変調装置。

【請求項19】 請求項17又は18において、
前記微小ミラー上に形成された反射層の全表面が、入射角と等しい反射角にて入射光を反射させる平坦面にて形成されていることを特徴とする光変調装置。

【請求項20】 請求項17乃至19のいずれかにおいて、
前記電極群が透明電極にて形成されていることを特徴とする光変調装置。

【請求項21】 請求項17乃至20のいずれかにおいて、
前記微小ミラーが前記電極群と対向する面側に、絶縁膜が形成されていることを特徴とする光変調装置。

【請求項22】 請求項21において、前記微小ミラーに形成された前記絶縁膜と対向する前記電極群の表面が粗面に形成されていることを特徴とする光変調装置。

【請求項23】 請求項22において、前記電極群の前記表面に200オングストローム以上の高さの凸部が設けられて、前記粗面が形成されていることを特徴とする光変調装置。

【請求項24】 請求項21において、前記絶縁膜上であって、前記トーションバーより離れた位置に絶縁性突起が形成されていることを特徴とする光変調装置。

【請求項25】 請求項21において、前記ガラス製電極基板の前記凹部の底面より、前記立ち上げ部及び前記支柱部の天面より低い高さで突出形成され、傾斜駆動時に前記微小ミラーと当接して傾き角を決定する絶縁性ストッパーをさらに有することを特徴とする光変調装置。

【請求項26】 請求項17乃至25のいずれかにおいて、前記シリコン製ミラー基板を覆い、かつ、傾斜駆動される前記微小ミラーと干渉しない位置にて、前記シリコン製ミラー基板上に透明カバー基板が接合されていることを特徴とする光変調装置。

【請求項27】 請求項17乃至26のいずれかに記載の光変調装置を有することを特徴とする電子機器。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、微小ミラーを備えた光変調装置及びその製造方法に関する。

【0002】

【背景技術及び発明が解決しようとする課題】この種の光変調装置が、特開平4-230722、5-188308、5-196880などに開示されている。また、これらの改良構造が、日経マイクロデバイス1994年3月号に、DMD (Digital Micromirror Device) として開示されている。

【0003】このDMDは、図22に示すように、上層800、中間層810及び下層830からなる3層構造を有している。

【0004】上層800は、ミラー802と、その中心部下面に連結されたミラー保持ポスト804とを有する。このミラー802の製造プロセス上、ミラー保持ポスト804と対向する位置には凹部806が形成される。

【0005】中間層810は、ミラー保持ポスト804と連結されるミラー保持板812が、両側のヒンジ814により傾斜駆動可能に支持されている。このミラー保持板812の傾斜駆動空間を確保するために、ヒンジ814は、その下面にヒンジ保持ポスト816を有してい

る。

【0006】この中間層810には、さらに、ヒンジ814を挟んだ両側に第1、第2のアドレス電極818、820を有し、それぞれ電極保持ポスト826に支持されている。さらにその外側に、第1のミラー接触電極822と第2のミラー接触電極824とを有し、それぞれ電極保持ポスト826に支持されている。

【0007】下層830は、第1、第2のアドレス電極818、820の電極保持ポスト826が連結される4つの電極832a~832dと、第1、第2の接触電極822、824が連結される共通電極834を有している。

【0008】このDMDは、図23に示すように、ミラー802及び第1、第2のミラー接触電極822、824に、バイアス電圧Vaが印加される。そして、例えば第1のアドレス電極818にマイナス電圧を印加し、第2のアドレス電極820にプラス電圧を印加することで、ミラー802と第1のアドレス電極818の間にクーロン力が作用し、ミラー802を図23の一点鎖線の状態に傾斜駆動することができる。第1、第2のアドレス電極818、820に印加される電圧の極性を逆転することで、図23の2点鎖線に示すように傾斜駆動させることができる。

【0009】そして、図23の一点鎖線に示すミラー802の傾斜状態のときに、光が所定位置に向けて反射されるON駆動とされ、2点鎖線に示す傾斜状態のときには、所定位置とは異なる方向に光が反射されたOFF状態とされる。そして、その切替時間を変化させることで、256階調表示が可能となっている。

【0010】図22に示すDMDは、図24及び図25に示す製造プロセスに従って製造できると推測される。図24は、予め形成された下層830上に中間層810を形成する工程を示しており、図25はその中間層810上に上層800を形成し、各層間に空間を形成する工程を示している。

【0011】図24に示すように、下層830としてSRAMが形成された基板840を用意する。次に、図24(B)に示すように、この基板840上にレジスト842を塗布し、同図(C)の工程にてヒンジ保持ポスト816及び電極保持ポスト826と対応するパターンを形成するパターニングを行う。

【0012】次に、図24(D)に示すように、レジスト842の表面及びトレンチ部にアルミニウム(A1)膜844を蒸着し、さらに同図(E)に示すようにその表面にA1酸化膜846を形成する。

【0013】さらに、図24(F)に示すA1膜848の蒸着後に、同図(G)のようにレジスト850を塗布してパターニングする。その後、図24(H)に示すように、A1膜848をエッチングすることで、ミラー保持板812、ヒンジ814及びヒンジ保持ポスト816

が形成される。

【0014】次に、図25に示すプロセスにより上層800を形成する。このために、図25(A)に示すように、レジスト852を厚く塗布し、同図(B)に示すようにパターニングを行う。さらに、Al(アルミニウム)膜854を蒸着し、その表面の一部にAl酸化膜856を形成した後、端部のAl膜854をエッチングで除去することで、ミラー802及びミラー保持ポスト804が形成される(図26(C)～(E)参照)。

【0015】最後に、図25(F)に示すように、レジスト842及び852を除去することで、上層800と中間層810との間に空間が形成され、かつ、中間層810と下層830との間に空間が形成される。

【0016】しかしながら上記のプロセスでは、DMDの歩留まりが高くとれないという問題がある。その原因の1つは、ミラー802の傾斜角度を決定する要因となる、ミラー802の下面とミラー接触電極822、824との間の距離の設定を、図25(A)に示すレジスト工程でのレジスト852の厚さに依存していたからである。

【0017】通常、この種のレジストはスピニング法により形成され、レジスト厚さの均一性を高めることさえ困難であるのに、ましてやスピニング法にてレジスト852の厚さを一定値に設定することは、極めて困難な技術となる。

【0018】また、従来のスピニング法では、ウェハ面積が大きくなるほど、そのレジスト膜の面内均一性さえも確保することが困難であり、ましてやレジスト膜の厚さを一定値にすることは、大口径化の半導体ウェハではほとんど不可能である。従って、同時に多数の素子を1枚の半導体ウェハから形成することは困難であり、スループットも低下する。

【0019】上記の問題の他の1つは、図25(F)に示すレジスト除去工程において、ミラー802またはヒンジ814の下方であって、奥まった領域のレジストを完全に除去することが困難となることである。もしこのような異物が残存したとすれば、ミラー802とアドレス電極818、820がショートし、又はミラーの変位が妨げられ、あるいはミラー接触電極822、824とアドレス電極818、820がショートしてしまう。

【0020】上記の構造のDMDの他の問題は、ミラー802の中心領域に凹部806が形成されてしまうことである。図25(C)のAl蒸着工程において、トレンチ部分にAlを蒸着すると、必ずこのトレンチと対向する位置が窪んでしまい、これに起因して凹部806が生ずることは防止し得ない。

【0021】この3層構造のDMDでは、ヒンジ814がミラー802と同一平面上に存在しないため、ミラー802の開口面積が増大し、光利用率が高まることを効果としている。

【0022】しかしながら、この広面積のミラー802の中心には凹部806が形成され、光強度の強い光軸上にこのような凹部806が存在すると、乱反射によってかえって光利用率が低下してしまう。あるいは、乱反射された光が他の画素の情報として入力されてしまい、画質が低下するという問題も指摘される。又、凹部806の側壁が垂直に加工できたとしても、光有効利用面積が減少する。

【0023】そこで、本発明の目的とするところは、高い歩留まりにて製造できる微小ミラーを備えた光変調装置及びその製造方法を提供することにある。

【0024】本発明の他の目的は、微小ミラー面上にて乱反射が生ずることなく、正確な光変調制御を行うことのできる微小ミラーを備えた光変調装置及びその製造方法を提供することにある。

【0025】

【課題を解決するための手段】本発明方法は、導電性のシリコン製ミラー基板と電極基板とを接合して、微小ミラーを有する光変調装置を製造している。ここで、導電性のシリコン製ミラー基板は、一ライン状又はマトリクス状に配列された複数の微小ミラーと、前記微小ミラーを一方向にて連結するトーションバーと、前記トーションバーの両端が連結され、を有し、少なくとも前記微小ミラーの片面に反射層が形成されている。

【0026】前記電極基板は、中央領域の凹部と、その周囲の立ち上げ部と、前記凹部内であって各々の前記微小ミラーと対応する位置に導電層が形成され、クーロン力により前記微小ミラーを傾斜駆動させる電極群と、前記一方向で隣合う2つの前記微小ミラー間と対応する位置にて前記凹部より突出形成された支柱部と、を有する。

【0027】前記シリコン製ミラー基板と前記電極基板とを接合する工程では、少なくとも前記シリコン製ミラー基板の前記トーションバーの中間部と前記電極基板の前記支柱部とを対面させている。

【0028】こうすると、ガラス製電極基板に予め形成される凹部の深さを精度よく形成すれば、微小ミラーの振れ角をロット間で正確に設定できる。また、微小ミラーの表面に形成される反射層も平坦にでき、乱反射のない面に形成することができる。

【0029】特に、電極基板が例えばNa等のアルカリ金属を含むガラス製電極基板の場合、陽極接合により両基板を接合できる。こうすると、基板間に接着層などを要しないため、微小ミラーの振れ角をロット間でより正確に設定できる。

【0030】なお、この接合方法は陽極接合に限らず、直接接合、共晶接合等でも良く、各接合方法については詳細を後述する。また、電極基板の材質としては、接合工程が加熱下で行われる場合には、シリコンと熱膨張係数が近いことが好ましい。

【0031】前記シリコン製ミラー基板には、トーションバーの両端部が連結された棒状部を形成することもある。この場合、トーションバーの両端部及び棒状部は、電極奇人の立ち上げ部と接合される。そして、この接合の後に、トーションバーの両端部を棒状部から切り離す工程を実施している。

【0032】こうすると、複数本のトーションバーの相互の位置関係は棒状部により維持されるので、1本ずつ位置決めしなくても相互の位置関係を保って電極基板に接合できる。

【0033】ここで、シリコン製ミラー基板を製造する前記(a)工程は、シリコン基板中に不純物をドーピングしてドーパ層を形成する工程と、前記シリコン基板の一面に窓形成用の第1のマスクを、他の一面に前記複数の微小ミラー及び前記トーションバーを形成するための第2のマスクをそれぞれパターンニングする工程と、前記第1のマスクを用いて、前記ドーパ層が露出するまで前記シリコン基板をエッチングする工程と、前記第2のマスクを用いて、前記ドーパ層をエッチングする工程と、前記第1、第2のマスクを除去し、前記ドーパ層により前記微小ミラー及びトーションバーを形成する工程と、前記ドーパ層の前記微小ミラーの片面に前記反射層を形成する工程と、を有して実施できる。

【0034】本発明方法の他の態様によれば、シリコン製ミラー基板が完成する前のシリコン基板の状態で、電極基板との接合を実施している。

【0035】電極基板は、中央領域の凹部と、その周囲の立ち上げ部と、前記凹部内であって各々の前記微小ミラーと対応する位置に導電層が形成され、クーロン力により前記微小ミラーを傾斜駆動させる電極群と、一方向で隣合う2つの前記微小ミラー間と対応する位置にて凹部より突出形成された支柱部と、を有する。

【0036】これに接合されるのは、片面に不純物がドーピングされたドーパ層を有するシリコン基板である。このとき、少なくとも前記電極基板の支柱部を前記ドーパ層と対面させて接合する。

【0037】この工程では、微小ミラー等が形成される前であるので、接合時の位置合わせが容易となる。

【0038】この後、ドーパ層のみ残してシリコン基板をエッチングして除去し、そのドーパ層の表面に反射層を形成する。

【0039】その後、ドーパ層のエッチング工程を実施する。この時、前記電極群と対向する位置に複数の前記微小ミラーを形成される。また、前記微小ミラーを一方向にて連結し、該一方向にて隣合う2つの前記微小ミラー間で前記支柱部と接合されたトーションバーが形成される。

【0040】このエッチング工程のためのパターンニング時に、予め電極基板に形成された電極群との位置関係を考慮すれば、ホトリソグラフィ工程の精度で微小ミラー

を高精度にて形成できる。

【0041】この方法では、接合時の基板位置合わせが容易であり、しかも微小ミラー等は接合後に形成できるので、高密度で微小ミラーを配置する場合に適している。

【0042】なお、上記の方法においても陽極接合法を採用することができ、また、シリコン製ミラー基板に棒状部を形成しても良い。

【0043】高密度で微小ミラーを配置する場合、電極基板を透明なガラス基板とし、そのガラス製電極基板側から前記電極群のパターンの位置を観測し、そのパターン位置を基準にして、前記シリコン製電極基板のエッチングのためのマスクパターン合わせ実施するとよい。

【0044】上述の各方法発明では、前記ドーパ層の不純物濃度を $1 \times 10^{18} \text{ a t m / c m}^3$ 以上とすると、前記シリコン基板のエッチング時に前記ドーパ層をエッチングストップ層として用いることができる。

【0045】また、前記ガラス製電極基板を形成する工程として、前記立ち上げ部及び支柱部と対応する位置をマスクして、アルカリ金属を含有するガラス板をエッチングして、所定深さの前記凹部を形成する工程と、前記凹部の底面に、前記電極群を形成する工程と、を有するとよい。この場合、微小ミラーの振れ角に影響する凹部の深さは、エッチングの条件に依存させて形成できる。

【0046】前記電極群を透明電極例えばITO(インジウム・ティン・オキサイド)にて形成し、接合される前記ガラス製電極基板と前記シリコン製ミラー基板との間に、異物混入があるか否かを前記ガラス製電極基板側から検査する工程をさらに有することができる。この検査を接合前に行えば歩留まりが向上し、接合後に行っても、異物混入という不良原因が容易に判明する。

【0047】前記シリコン製ミラー基板を覆い、かつ、傾斜駆動される微小ミラーと干渉しない位置にて、前記シリコン製ミラー基板上に透明カバー基板を接合する工程をさらに有することができる。

【0048】この透明カバー基板により、微小ミラーの傾斜駆動を妨げる異物の混入を防止して、素子を保護できる。

【0049】本発明装置は、不純物がドーピングされた導電性のシリコン製ミラー基板と、電極基板とが接合されて一体化され、前記シリコン製ミラー基板は、一ライン状又はマトリクス状に配列され、片面に反射層が形成された複数の微小ミラーと、前記微小ミラーを一方向にて連結するトーションバーと、を有し、前記電極基板は、中央領域の凹部と、その周囲の立ち上げ部と、前記凹部内であって各々の前記微小ミラーと対応する位置に形成され、クーロン力により前記微小ミラーを傾斜駆動させる電極群と、前記一方向で隣合う2つの前記微小ミラー間と対応する位置にて凹部より突出形成された支柱部と、を有し、少なくとも前記シリコン製ミラー基板の前記ト

ーションバーの中間部と前記電極基板の前記支柱部とが対面して、前記シリコン製ミラー基板と前記電極基板とが接合されていることを特徴とする。この接合も、陽極接合、直接接合又は共晶接合などにより行われる。

【0050】ここで、前記微小ミラー上に形成された反射層の全表面が平坦面に形成される。これにより、入射角と等しい反射角にて入射光を反射させることができる。

【0051】前記電極群は透明電極例えばITO（インジウム・ティン・オキサイド）にて形成されることが好ましい。ガラス製電極基板から透視して、電極群と微小ミラーとの間の異物混入の不良原因が容易に判明するからである。

【0052】前記微小ミラーが前記電極群と対向する面側に、絶縁膜を形成するとよい。こうすると、異物の混入があっても、微小ミラーと電極群との間のショートという深刻な状態を回避できる。

【0053】前記微小ミラーに形成された前記絶縁膜と対向する前記電極群の表面を粗面に形成するとさらによい。絶縁膜と電極群との接触面積が減少し、絶縁膜の帯電に起因した微小ミラーの電極群への張り付きを防止できる。

【0054】前記電極群の前記表面に200オングストローム以上の高さの凸部が設けられて、前記粗面が形成することが好ましい。これにより、微小ミラーと電極群との張り付きを防止できる表面荒さを確保できる。なお、この凸部の高さの上限は、微小ミラーが電極群と平行な状態の時の微小ミラー、電極群間のギャップをGとしたとき、 $G/3$ 以下である。これにより、機能上必要とされる微小ミラーの偏向角が最低限確保される。

【0055】この微小ミラーの張り付きを防止するには、前記絶縁膜上であって、前記トーションバーより離れた位置に絶縁性突起を形成してもよい。

【0056】この微小ミラーの張り付きを防止するさらに他の対策として、前記ガラス製電極基板の前記凹部の底面より、前記立ち上げ部及び前記支柱部の天面より低い高さで突出形成され、傾斜駆動時に前記微小ミラーと当接して傾き角を決定する絶縁性ストッパーを形成することもできる。

【0057】本発明の光変調装置を用いて、種々の電子機器を構成することができる。

【0058】例えば、プロジェクションランプと、前記プロジェクションランプより出射された光を、画素毎に配置された複数の微小ミラーの傾斜駆動によりそれぞれ反射させて、画素毎に変調された反射光とする光変調装置と、前記光変調装置からの反射光をスクリーンに向けて拡大投影するプロジェクションレンズと、によりプロジェクターを構成できる。

【0059】あるいは、潜像が形成される感光体と、レーザ光源からのレーザ光を、アレー状に配列された複数

の微小ミラーの傾斜駆動により順次反射させて、一方向に走査しながら変調された反射光を前記感光体に向けて出射して前記潜像を形成する光変調装置と、前記感光体に形成された潜像を現像する現像装置と、前記感光体上の現像を記録媒体上に転写する転写装置と、により電子写真装置を構成できる。

【0060】さらには、誘導電圧が任意に設定された複数の誘導コイルと、光変調装置と、各々の前記誘導コイルと前記光変調装置の電極群とを接続する配線パターンとを有し、各々の前記誘導コイルにて生ずる誘導電圧に基づき、複数の前記微小ミラーをそれぞれ傾斜駆動させて、前記微小ミラーでの反射光により所望の光信号を生成する光スイッチ装置を構成することができる。

【0061】さらには、露光源からの光をマスクを介して被露光体に出射して、前記被露光体を露光する露光装置において、前記露光源からの光を、各々の微小ミラーにて反射させて、変調された光を前記被露光体に出射する光変調装置を設けてもよい。

【0062】こうすると、半導体ウエハなどの被露光体に、露光工程を利用して、ロット番号などのID情報を記録することができる。

【0063】

【発明の実施の形態】以下、本発明に係る微小ミラーを備えた光変調装置及びその製造方法の実施例について、図面を参照して説明する。

【0064】（第1実施例）

光変調装置の構造説明

図1は、第1実施例に係る光変調装置の主要構成要素を示す組立分解斜視図である。同図において、この光変調装置は大別して、シリコン製ミラー基板100、ガラス製電極基板200及びカバーガラス基板300から構成されている。

【0065】シリコン製ミラー基板100は、マトリクス上に配列された複数の微小ミラー102を有する。この複数の微小ミラー102の内、一方向例えば図1のX方向に沿って配列された微小ミラー102は、トーションバー104にて連結されている。さらに、複数の微小ミラー102が配置される領域を囲んで枠状部106が設けられている。この枠状部106は、複数本のトーションバー104の両端と連結されている。

【0066】この微小ミラー102は、図2に拡大して示すように、トーションバー104との連結部分の周囲にスリット108が形成されている。このスリット108を形成することで、図2に示す矢印方向への微小ミラー102の傾き駆動を容易にしている。さらに微小ミラー102の表面には、反射層102aが形成されている。そして、後述する駆動により微小ミラー102が傾斜駆動されることで、この微小ミラー102に対して入射する光の反射方向が変化する。そして、所定反射方向に向けて光を反射させる時間を制御することによって、

光の変調を行うようにしている。

【0067】なお、図2及び図3(A)、(B)に示す微小ミラー102及びトーションバー104の各種寸法

		最小値	最大値
ミラー幅	W1	10 μ	100 μ
ミラー長さ	L1	10 μ	100 μ
ミラー厚さ	T1	1 μ	5 μ
トーションバー幅	W2	1 μ	5 μ
トーションバー厚さ	T2	0.5 μ	5 μ
トーションバー長さ	L2	5 μ	20 μ
凹部深さ	H	0.5 μ	20 μ
偏向角	θ	$\pm 5^\circ$	$\pm 20^\circ$

図1に示すガラス製電極基板200は、中央領域に凹部202を有し、その周囲に立ち上げ部204を有する。立ち上げ部204の一边は切り欠かれて電極取出口206とされ、この電極取出口206の外側には、凹部202と連続する電極取出板部208が形成されている。

【0069】このガラス製電極基板200の凹部202には、X方向で隣り合う2つの微小ミラー202間のトーションバー104と対向する位置にて、凹部202より突出形成され、立ち上げ部204の天面と同じ高さを有する多数の支柱部210を有する。

【0070】さらに、ガラス製電極基板200の凹部202及び電極取出板部208上には、配線パターン部212が形成されている。この配線パターン部212は、図2に示すように、トーションバー104を挟んだ両側の微小ミラー102の裏面と対向する位置に、それぞれ第1、第2のアドレス電極214、216を有する。そして、Y方向に沿って配列された第1のアドレス電極214は第1の共通配線218に共通接続されている。同様に、Y方向に沿って配設された第2のアドレス電極216は、第2の共通配線220に共通接続されている。

【0071】上記の構造を有するガラス製電極基板200の上に、図1に示すようにして、シリコン製ミラー基板100が陽極接合される。このとき、シリコン製ミラー基板100のトーションバー104の両端部及び枠状部106と、ガラス製電極基板200の立ち上げ部204とが接合される。さらに、シリコン製ミラー基板100のトーションバー104の中間部と、ガラス製電極基板200の支柱部210とが陽極接合される。さらにその後、シリコン製ミラー基板100の枠状部106上に、カバーガラス基板300が接合される。そして、枠状部106と連結されていた各々のトーションバー104の両端部が、枠状部106から切り離される位置にてダイシングされる。さらに、ガラス製電極基板200の立ち上げ部204に切り欠き形成された電極取出口206を含む周縁部が、封止材により封止密閉され、第1実施例に係る光変調装置が完成する。ここで、光変調装置の内部を種々の方法により真空にすると、微小ミラーの駆動時に抵抗が少なく、応答動作の高速性、消費電力の

は、下記の通りである。

【0068】

低下が図られる。

【0072】光変調駆動原理の説明

微小ミラー102のON傾斜駆動の際には、図1に示すX方向に沿って配列された複数の微小ミラー102に対して、トーションバー104を介して同時に通電する。一方、これと同時に図1に示す第1、第2のアドレス電極214、216を一組として点順次又は線順次で駆動し、通電されるトーションバー104を、図1のY方向に向けて順次選択することで、マトリックス状に配列された微小ミラー102を所定のサイクルにてON傾斜駆動することができる。

【0073】一方、微小ミラー102をOFF傾斜駆動するには、第1、第2のアドレス電極214、216に加わる電圧の極性を、ON傾斜駆動時とは逆にすればよい。これにより、微小ミラー102はON傾斜駆動時とは逆の方向に傾斜駆動される。

【0074】光変調装置の製造方法の説明

第1実施例に係る光変調装置の製造方法について、図4及び図5を参照して説明する。まず、シリコン製ミラー基板100の製造プロセスについて説明する。

【0075】(I)シリコン製ミラー基板100の製造プロセス

(1)ドーブ層を有するシリコン基板の形成工程

この工程では、図4(A)に示すシリコン基板110の片面に、図4(B)に示すドーブ層112を形成している。このために、シリコン基板110上に、例えばボロンドープ材をスピンコーティング法にて塗布する。このボロンドープ材は、有機溶剤の中に B_2O_3 を混ぜたもので、例えば東京応化(株)のPBFを用いることができる。このとき、ボロンドープ材の膜厚は、シリコン基板110のスピン回転条件及びボロンドープ材の粘度に依存して調整できる。

【0076】本実施例では、ボロンドープ材の粘度を50~100cPとし、スピン回転条件を変化させることで、ボロンドープ材の膜厚を0.5~5.0 μ mの範囲で変化させることができた。

【0077】このボロンドープ材のスピンコーティング後に、加熱炉にて100~180℃で20~40分間加

熱し、ボロンドープ材中の溶剤を蒸発させるとよい。本実施例では、140℃にて30分間ベークを行った。さらに、400～800℃の酸素雰囲気炉で1～2時間焼成し、バインダーを除去する。本実施例では、600℃で1時間の焼成を行った。その後の熱拡散工程は、窒素雰囲気中で800～1200℃で4時間から10時間かけて熱拡散が行われる。本実施例では、1100℃にて6時間熱拡散工程を実施した。

【0078】この結果、ボロンドープ材中のボロン(B)がシリコン基板110の内部に熱拡散され、シリコン基板110の下面に、図4(B)に示すボロンドープ層112を形成することができた。この熱拡散工程での温度及び処理時間により、ボロンドープ層112の厚さを調整することができ、本実施例では1000℃で6時間かけて熱拡散処理を行うことで、2～3μmのボロンドープ層112を形成することができた。

【0079】このとき、ボロンドープ112中のボロン濃度は、好ましくは $1 \times 10^{18} \text{ a t m / c m}^3$ 以上であることが好ましい。こうすると、後述するシリコン基板110のエッチング工程において、このボロンドープ層112をエッチングストップ層として機能させることができる。

【0080】ボロンドープ層を形成するには、ボロン拡散板法を採用することもできる。このとき、シリコン基板のボロンドープしたい面を、例えばテクネグラス社製のボロンプラス板(商品名)を対向させて配置する。両者間の間隔は、0.5～4.0mm、さらに好ましくは2.0～3.0mmとするとよい。この対向配置関係を維持したまま、加熱炉にて800～1200℃、例えば1100℃で、窒素流量3～8リットル/min例えば6リットル/minにて、1時～6時間例えば2時間かけて熱拡散工程を実施してもよい。

【0081】さらに他の方法として、イオン注入法を採用してもよい。この時の加速エネルギーは20～50keVで、最適値は35keVである。また、加速電子の数を示すドーズ量は、 $2 \times 10^{18} \sim 8 \times 10^{18}$ 個が適当で、望ましくは 4×10^{18} 個である。さらに、ビーム電流は1.5～4.5mAが適当で、望ましくは3.0mAである。これらの条件でイオン打ち込みを行うと、0.5～4μmのボロンドープ層が形成できた。

【0082】(2) 熱酸化工程

次に、ボロンドープ層112が形成されたシリコン基板110を熱酸化炉に搬入し、図4(C)に示すように、このシリコン基板110の周囲に熱酸化膜114を形成する。本実施例では、ウェット酸化法にて1000℃の温度にて4時間かけて熱酸化処理を行うことで、1μmの厚さの熱酸化膜114を形成した。このとき、ボロンドープ層112も熱酸化され、その表面にも熱酸化膜114が形成される。

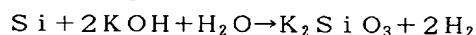
【0083】(3) パターニング工程

次に、熱酸化膜114を有するシリコン基板110を、ホトリソグラフィ工程を実施することで、図4(D)に示すようにパターニングを行った。同図に示すとおり、シリコン基板110の表面側には、中心領域に窓を形成するための第1のマスク116をパターニングした。シリコン基板110のボロンドープ層112を有する下面は、図1～3に示す微小ミラー102、トーションバー104、枠状部106及びスリット108などを形成するための第2のマスク118をパターニングした。このパターニングのために、熱酸化膜114の表面及び裏面にそれぞれレジスト塗布、露光及び現像を行った。現像工程後、緩衝フッ酸溶液を用いて所定領域の熱酸化膜(酸化シリコン膜)114を除去した。その後レジスト剥離を行うことでパターニング工程が終了する。このレジスト剥離は、例えば硫酸と過酸化水素水の混合液を80℃にて加熱して使用することができる。

【0084】(4) シリコン基板110のエッチング工程

次に、図4(E)に示すように、シリコン基板110の上面側に形成された第1のマスク116を使用して、シリコン基板110をエッチングして除去した。このエッチング工程は、1～40重量%の濃度のKOH水溶液を用いて、シリコン基板110をウエットエッチングした。KOH水溶液の濃度は、10重量%前後が最適である。このエッチング工程の反応は、下記の反応式に従って行われる。

【0085】



ここで、図4(E)に示すように、シリコン基板110の表面110aの結晶面方位を(100)とすると、エッチングにより形成される側壁110bは55℃の角度を持った傾斜壁となる。これに対して、表面110aの結晶面方位を(110)とすると、側壁110bはほぼ垂直な壁とでき、異方性の高いエッチングを実現できる。こうすれば、より広い面積を光変調が可能な面とすることができる。

【0086】この場合のエッチング終点検出は、シリコン基板110の反応により生ずる水素気泡を観測し、水素気泡がなくなった時点を終点とすることができる。あるいは、ボロンドープ層112の不純物濃度を、 $1 \times 10^{18} \text{ a t m / c m}^3$ 以上とすることで、このボロンドープ層112をエッチングストップ層として機能させることができる。

【0087】なお、この工程で用いられるエッチング液としては、KOH水溶液以外では、TMAH(テトラメチル水酸化アンモニウム)水溶液、EPD(エチレンジアミン-ピロカテコール-ジアジン)水溶液またはヒドラジン水溶液などを使用することができる。

【0088】(5) ボロンドープ層112のエッチング工程

次に、図4(F)に示すように、熱酸化膜114の下面に形成された第2のマスク118を使用して、ボロンドープ層112をドライエッチングする。

【0089】このドライエッチングは、エッチング速度が速く量産に適したRIE(反応性イオンエッチング)を用いることが好ましい。このとき、処理ガスとして、 CF_4 を30~60sccm、 O_2 を30~60sccm導入し、13.56MHzの高周波電源のパワーを、400~800W、特に最適地として600Wに設定した。チャンバ内圧力は、好ましくは0.05~0.30 Torrであり、本実施例では最適値である0.15 Torrを採用した。本実施例では2 μm のボロンドープ層をエッチングするのに、15~30分のエッチング時間を要した。

【0090】このボロンドープ層112をドライエッチングすることで、図1~3に示す微小ミラー102、トーションバー104、枠状部106及びスリット108がそれぞれ形成される。

【0091】(6)熱酸化膜114の剥離工程
この熱酸化膜114は、(5)の工程の耐エッチングマスク材として使用された後に剥離される。剥離させる方法としては、例えば、(3)パターニング工程で説明したように、緩衝フッ酸溶液を用いることができる。また、10%程度の希フッ酸溶液を用いても良い。この工程の実施例により、図4(G)に示すように、ボロンドープ層112で形成された枠状部106に、微小ミラー102、トーションバー104などが支持された状態を得ることができる。

【0092】(7)反射層102aの蒸着工程
次に、ボロンドープ層112にて形成された微小ミラー102の表面に、例えばアルミニウム(Al)からなる反射層102aを、例えば0.2~2 μm の厚さにて蒸着する。反射層102aの膜厚が上限を越えると、微小ミラー102の慣性モーメントが大きくなって、駆動時の応答速度が遅くなったり、傾斜駆動する際の駆動電圧が高くなる。上記膜厚範囲の下限を下回ると、ボロンドープ層112の全面に均一厚さで反射層102aを形成することが困難となる。

【0093】このとき、微小ミラー102の表面以外の部分、すなわちトーションバー104にはAlが付着しないようにマスキングしてもよいが、本実施例のようにトーションバー104上にも反射層102aを形成してもよい。枠状部106の表面に残存するシリコン基板110の天面は、その後ガラス製電極基板200と陽極接合される領域であるため、この部分に陽極接合を妨げる異物が付着しないようにマスキングすることが重要である。

【0094】なお、反射層102aの材質としては、可視光を効率よく反射できるものであればよく、例えば銀(Ag)を用いることもできる。また、反射層102a

の形成工程は、必ずしも蒸着方法を用いるものに限らず、例えばスパッタを採用することもできる。

【0095】この反射層102aの形成工程では、その下地材であるボロンドープ層112が平坦であるから、その上に形成される反射層102aも平坦に形成することができる。これにより、反射層102aに入射される光を、その入射角と等しい反射角にて反射させることができ、この光変調装置を用いて表示装置を構成した場合、コントラストを向上させることが可能となる。

【0096】以上の各工程の実施により、図1~3に示すシリコン製ミラー基板100が完成する。この後、図4(I)に示すように、シリコン製ミラー基板100、ガラス製電極基板200及びカバーガラス基板300の接合が行われることになる。この接合工程を説明する前に、図5を参照して、ガラス製電極基板200の製造プロセスについて説明する。

【0097】(11)ガラス製電極基板200の製造プロセス

図5(A)に示すように、ガラス製電極基板200のベースとなるガラス基板230は、後述する陽極接合を行うために、アルカリ金属例えばナトリウム(Na)を含有したガラス基板を用いている。この種のガラス基板230としては、ホウケイ酸ナトリウムガラスを用いることができ、例えばコーニング社製のパイレックスガラス(商品名)を用いることができる。特に、陽極接合時にガラス基板230を加熱するため、シリコンと熱膨張係数がほぼ等しいことを考慮すると、コーニング#7740(商品名)が最適である。

【0098】以下、このガラス基板230を用いたガラス製電極基板200の製造プロセスについて説明する。

【0099】(1)凹部202等のパターニング工程
ガラス基板230上へのレジスト塗布、露光及び現像工程を実施することで、図5(B)に示すように、ガラス基板230の表面に、レジストパターン部232を形成する。レジストパターン部232は、立ち上がり部204、支柱部210の相当箇所に形成される。

【0100】(2)凹部202等の形成のためのエッチング工程

このレジストパターン部232をマスクとして、ガラス基板230をフッ酸水溶液を用いてウエットエッチングする。これにより、図5(C)に示す凹部202の他、電極取出口206及び電極取出板部208も同時に形成される。この凹部202の深さは、処理時間及び温度などのエッチング条件を変更することで調整できる。

【0101】この凹部202の深さは、微小ミラー102の振れ角を決める重要な要素であるため、上記のエッチング条件を調整して、ロット間で等しい深さの凹部202を形成する必要がある。

【0102】(3)レジスト剥離工程

このレジスト剥離は、硫酸+過酸化水素水の混合液を用

いることで行うことができ、これにより図5(D)に示すように、ガラス基板230に形成された立ち上げ部204の天面から、レジストパターン部232を剥離させることができる。

【0103】(4)配線パターン部212の形成工程
この配線パターン部212を、凹部202及び電極取出部208上に形成するために、まず、図5(E)に示すように、ガラス基板230の全面に、例えばアルミニウム(A1)、銀(Ag)、金(Au)又はITOにて代表される透明電極などを材質とする電極膜234を形成する。この電極膜234は、蒸着法、スパッタ法又はイオンプレーティング法等により形成することができる。その後、この電極膜234上に、ホトリソグラフィ工程を実施することでレジストパターン部236を形成する(図5(F)参照)。その後、このレジストパターン部236をマスクとして使用して、電極膜234をエッチングする。このエッチングは、ウェットエッチングにより実施できる。

【0104】その後、図5(G)に示すように、配線パターン部212上のレジストパターン部236を剥離することで、ガラス製電極基板200が完成する。このとき用いる剥離材は、電極膜234の材質により適宜選択される。電極膜234の材質をITOとすることもできる。この場合には、硫酸+過酸化水素水の混合液からなる剥離液は、ITO自体が溶解するため使用できないので、その代わりに有機溶剤系の剥離液を使用することができる。

【0105】(III)シリコン製ミラー基板100とガラス製電極基板200との陽極接合図6に示すように、位置合わせ機構314上に搭載されたホットプレート310上にガラス製電極基板200を載置し、その上にシリコン製ミラー基板100を載置する。このとき、ガラス製電極基板200に形成された第1、第2のアドレス電極214、216と、シリコン製ミラー基板100に形成された微小ミラー102とが、それぞれ対向する位置に位置合わせする。この位置合わせは、上方より顕微鏡316にて観察しながら、位置合わせ機構314によりガラス製電極基板200を二次元平面で移動させることで行われる。

【0106】また、陽極接合の際に、基板100、200間にゴミなどの異物が混入していると、微小ミラー102と配線パターン部212とがショートし、不良品になってしまう。そこで、両基板100、200を接合する前に、異物混入の有無を確認する検査を行うことが重要である。この検査は、両基板100、200を重ね合わせる前に行うことができると共に、配線パターン部212を透明電極例えばITOにて形成した場合には、両基板を重ね合わせても、ガラス製電極基板200の下側より顕微鏡にて観察して行うことができる。

【0107】その後、シリコン製ミラー基板100及び

ガラス製電極基板200を直流電源312に接続する。シリコン製ミラー基板100は電源312のプラス端子に、ガラス製電極基板200は電源312のマイナス端子にそれぞれ接続される。そして、ホットプレート310により、ガラス製電極基板200を250~450℃、例えば350℃に加熱し、電源312より300~1000V、例えば600Vの電極を2~3分間印加する。

【0108】そうすると、ホットプレート310により加熱されることで、ガラス製電極基板200中のNa(プラス)が移動しやすくなる。このNa(プラス)の移動により、ガラス製電極基板200の接合面はマイナスに帯電し、シリコン製ミラー基板100の接合面はプラスに帯電する。この結果、両接合面間には大きなクーロン力が作用し、界面で化学結合が生じて静電接合が行われることになる。これにより、シリコン製ミラー基板100とガラス製電極基板200とを強固に接合することができる。

【0109】この陽極接合により、シリコン製ミラー基板100のトーションバー104の両端部及び枠状部106が、ガラス製電極基板200の立ち上げ部204と接合され、シリコン製ミラー基板100のトーションバー104の中間部は、ガラス製電極基板200の支柱部210と接合される。

【0110】このように、シリコン製ミラー基板100とガラス製電極基板200とを陽極接合することで、接着剤を用いた場合のように、接着層の厚みを要することなく、両者を確実に接合できる。しかも、接着剤を用いた場合とは異なり、接着層の厚さがばらつくこともないので、図3(B)に示す凹部深さHをロット間ではほぼ一定に設定することができる。この凹部深さHは、微小ミラー102の振れ角 θ を決定するものであるが、陽極接合によりこの振れ角 θ をもロット間で均一に設定することが可能なる。

【0111】カバーガラス基板300を、ガラス製電極基板200と同様にNaを含有するガラス基板で構成すれば、シリコン製ミラー基板100の枠状部106に対して、このカバーガラス基板300を同様に陽極接合することができる。但し、シリコン製ミラー基板100とカバーガラス基板300との接合は、精度を要するものではないので、他の接合方法例えば接着剤を用いた接合方法を採用することもできる。

【0112】(IV)封止、ダイシング及び配線工程
(1)封止工程

電極取出口206を封止材により封止して密閉する。こうすると、下記の(2)ダイシング工程にて、シリコン製ミラー基板100およびガラス製電極基板200の間に異物、水などが侵入することを防止できる。この結果、微小ミラー102と配線パターン部212とがショートすることを防止でき、処理の歩留まりを向上させる

ことができる。また、下記の(2)ダイシング工程後には、光変調素子330の2つの側面に、図7(B)に示すようにトーションバー104の板厚分の微細な間隙240が生じるので、この微細な間隙240も同様にして封止することができる。

【0113】(2)ダイシング工程

図7(A)に示すように、上記のようにして得られる光変調素子330を複数個同時に、図4(A)に示すシリコン基板110を構成する1枚のウェハ320上に形成することができる。このため、光変調素子330の完成後に、ウェハ320をダイシングして、個々の光変調素子330に分離している。このダイシング工程により、枠状部106に連結されていたトーションバー104の両端が切り離され、図1のY方向にて分離されて1本ずつ独立した電極として機能する。ダイシングにより分離された光変調素子330は図7(B)に示す通りである。

【0114】(3)配線工程

その後、分離された光変調素子330を、図示しない基板上に固定し、配線を行う。図7(B)に示すように、電極取出板308上の配線パターン部212と、側面に露出するトーションバー104の端部とを、図示しない駆動回路に接続することで配線工程を実施する。こうして、光変調装置が完成する。

【0115】(第2実施例)次に、高密度実装が可能な光変調装置について、図8～図10を参照して説明する。

【0116】高密度光変調装置の全体構成

この第2実施例に係る光変調装置は、図8及び図9に示すように、大別してシリコン製ミラー基板400、ガラス製電極基板500及びカバーガラス基板600を有する。シリコン製ミラー基板400とガラス製電極基板500とは、第1実施例と同様に陽極接合される。シリコン製ミラー基板400とカバーガラス基板600との位置関係は、微小ミラーの振れ角には影響がないので、第1実施例と同様に、両基板400、600を陽極接合以外の例えば接着剤を用いて接合してもよい。

【0117】このシリコン製ミラー基板400は、図8のX方向及びY方向にてマトリクス状に配列された微小ミラー402と、X方向に配列された微小ミラー402を連結するトーションバー404と、このトーションバー404の端部を連結する枠状部406とを有する。トーションバー404が微小ミラー402と連結される連結部の周囲にはスリット408が形成されている。また、トーションバー404の一端404aは、枠状部406に直接連結されているのに対し、その他端404bは、広い面積のミラー用電極410を介して枠状部406と連結されている。

【0118】枠状部406の一辺には、アドレス電極取出口412が切り欠き形成されている。そして、多数の

微小ミラー402が配列された領域と、アドレス電極取出口412とを仕切る仕切り部414が設けられている。

【0119】このシリコン製ミラー基板400は、シリコン基板上に複数同時に形成され、ダイシング工程の際には、図8に示すA～Dの4箇所の位置に沿って、他のシリコン製ミラー基板と分離される。

【0120】図8に示すガラス製電極基板500は、中央領域に形成された凹部502と、その周囲にて立ち上げ形成された立ち上げ部504を有する。この凹部502には、シリコン製ミラー基板400の仕切り部414と対向する位置に中間リブ506が設けられてる。さらに、凹部502には、図8のX方向にて隣接する2つの微小ミラー402、402の間に位置するトーションバー404と対向する位置に、支柱部508を有する。ガラス製電極基板500の凹部502には、中間リブ506の両側にて、図8のY方向に沿って複数本の配線パターン部510が形成されている。この配線パターン部510は、トーションバー404を境にして微小ミラー412の2つの領域と対向する第1、第2のアドレス電極512、514を有する。図8のY方向に沿って配列された複数の第1のアドレス電極512は、第1の共通配線516に共通接続されている。同様に、図8のY方向に沿って配列された複数の第2のアドレス電極514は、第2の共通配線518に共通接続されている。そして、第1、第2の共通配線516、518の端部516a、518aが、中間リブ506を越えた位置まで延在形成されている。

【0121】なお、このガラス製電極基板500も、一枚のガラス基板上に複数同時に形成され、その後一つの光変調素子に分離する際にダイシングされる。

【0122】このガラス製電極基板500をシリコン製ミラー基板400と陽極接合した際には、第1、第2の共通配線516、518の各端部516a、518aは、シリコン製ミラー基板400に開口形成されたアドレス電極取出口412を介して露出される。なお、シリコン製ミラー基板400とガラス製電極基板500とが陽極接合された際には、第1実施例と同様に、シリコン製ミラー基板400のトーションバー404の両端部404a、404b及び枠状部406と、ガラス製電極基板500の立ち上げ部504とが陽極接合される。また、シリコン製ミラー基板400のトーションバー404の中間部が、ガラス製電極基板500の支柱部508に陽極接合される。この第2実施例ではさらに、シリコン製ミラー基板400の仕切り部414が、ガラス製電極基板500の中間リブ506と陽極接合されるようになっている。

【0123】図8に示すカバーガラス基板600は、シリコン製ミラー基板400に多数形成された微小ミラー402の配置領域と対向する位置に凹部602を有す

る。この凹部602の周縁には立ち上げ部604が形成されてる。製造プロセス上、複数のカバーガラス基板600が1枚のガラス基板から形成されるようになっており、ガラス基板のダイシングにより図8に示す1つのカバーガラス基板600が構成される。そして、立ち上げ部604の一端604aは、ダイシングされたトーションバー404の一端404aと重合する位置に配置される。立ち上げ部604の前記一端604aと平行な他の一端604bは、ダイシングされたトーションバー404の他端404bと重合する位置に配置される。この結果、シリコン製ミラー基板400のミラー用電極410は外部に露出することになる。立ち上げ部604の前記各一端604a、604bと直交する他の二辺604c及び604dは、それぞれシリコン製ミラー基板400の枠状部406と仕切り部414と重合する位置に配置される。

【0124】この結果、図9に示すように、シリコン製ミラー基板400に開口形成されているアドレス電極取出口412が外部に露出し、ガラス製電極基板500上に形成された第1、第2の共通配線516、518への配線が可能となる。なお、この配線後は、アドレス電極取出口412は封止材により封止密閉される。また、上述のダイシング工程を実施すると、トーションバー404の一端404a及び他端404bが存在しない領域では、図9に示すように、ガラス製電極基板500の立ち上げ部504と、カバーガラス基板600の立ち上げ部604との間に、トーションバー404の厚み分だけの間隙511が生ずる。この間隙511も、上記と同様にして封止材により封止密閉される。

【0125】光変調装置の製造プロセスについて次に、図10を参照して第2実施例に係る光変調装置の製造プロセスについて説明する。なお、ガラス製電極基板500の製造プロセスは、図5に示すプロセスと実質的に同一プロセスを適用できる。カバーガラス基板600は、凹部602をエッチング形成するために、図5(B)～(D)のプロセスを適用すればよい。

【0126】以下に、この第2実施例の光変調装置の製造プロセスに特有点について説明する。

【0127】(1) ボロンドープ層422の形成工程
図10(A)では、シリコン基板420の一面に、ボロンドープ層422が形成される。このボロンドープ層422の形成は、第1実施例と同様にして行われる。

【0128】(2) 基板400、500の陽極接合工程
この第2実施例に係る光変調装置の製造プロセスにて特有点は、図10(B)に示すように、ボロンドープ層422が形成されたシリコン基板420を、ガラス製電極基板500と陽極接合している点である。

【0129】この両基板400、500の陽極接合は、第1実施例と同様に、図6に示す装置を用いて実施される。すなわち、ホットプレート310上に載置されたガ

ラス製電極基板500を250～450℃の範囲、例えば350℃まで加熱する。同時に、両基板400、500に直流電源312を接続し、ガラス製電極基板500にはマイナス電圧を、シリコン製ミラー基板400にはプラス電圧をそれぞれ印加する。こうすると、ガラス製電極基板500中のNa(プラス)が移動し、ガラス製電極基板500の接合面がマイナスに帯電し、シリコン製ミラー基板400の接合面がプラスに帯電し、両接合面間に大きなクーロン力が作用して静電接合される。

【0130】この第2実施例に係る光変調装置が高密度実装に適している理由は、両基板400、500を陽極接合する際に、第1実施例のように既に形成された微小ミラーと配線パターン部との厳密な位置合わせを行わずに済むからである。この厳密な位置合わせは、図10(E)に示す反射層402aのパターニングの際に必要となる。

【0131】(3) シリコン基板420のウエットエッチング工程

次に、図10(C)に示すように、ボロンドープ層422上に形成されたシリコン基板420を全面エッチングする。この時のウエットエッチングは、第1実施例と同じ例えば10～40重量%の濃度のKOH水溶液を用い、第1実施例にて示したエッチング反応式に従って、シリコンがエッチングされて除去される。エッチング終点検出はシリコン基板420の反応により生ずる水素気泡を観測し、水素気泡がなくなった時点を終点とすることができる。あるいは、ボロンドープ層422の不純物濃度を、 $1 \times 10^{18} \text{ atoms/cm}^3$ 以上とすることで、このボロンドープ層422をエッチングストップ層として機能させることができる。

【0132】なお、ウエットエッチングに用いる水溶液は、KOH水溶液に限らず、TMAH水溶液、EPD水溶液あるいはヒドラジン水溶液などを使用することもできる。

【0133】(4) 反射層402aの蒸着工程

次に、図10(D)に示すように、ボロンドープ層422の全表面に、反射層402aを形成する。この反射層402aとしては、例えばアルミニウム(Al)を蒸着することで形成している。この反射層402aの膜厚は、第1実施例と同様に0.2～2μmとすることができる。

【0134】(5) 反射層402aのパターニング工程
次に、図10(E)に示すように、一連のホトリソグラフィ工程を実施して、反射層402a上にレジストパターン部424を形成する。このレジストパターン部424は、図8に示すシリコン製ミラー基板400に形成される微小ミラー402、トーションバー404、枠状部406、スリット408、ミラー用電極410、アドレス電極取出口412及び仕切り部414の形状と相応している。

【0135】反射層402aがアルミニウム(A1)で形成された場合には、燐酸と酢酸、硝酸の混合液を30℃に加熱して、約3分間浸漬してウェットエッチングを行うことができる。これにより、図10(E)に示すように、反射層402aのパターニングを行うことができる。

【0136】このときに、両面アライメント装置を用いれば、0.5μmの精度で、パターニングを行うことができる。すなわち、図10(E)の下方より、すなわちガラス製電極基板500の下方側より顕微鏡を介して配線パターン部510の位置を認識し、同時に、シリコン製ミラー基板400の上方側からも顕微鏡にて観測を行う。そして、ガラス製電極基板500に形成された配線パターン部510の認識位置を基準として、レジストパターン部424を形成するための露光工程を実施することができる。これにより、微小ミラー402などと相応する形状のレジストパターン424を、配線パターン部510の第1、第2のアドレス電極512、514と対向する位置に形成することができ、これにより実装密度が高まって精度のよいパターニングを行うことが可能となる。

【0137】また、両基板400、500の両極接合前に、その挟まれた空間に万一異物が混入していたとすると、これを除去することが極めて困難になる。この異物がガラス製電極基板500の配線パターン部510と付着すると、微小ミラー402が傾斜駆動された際に、両者間にショートが生じ、不良となって歩留まりが低下してしまう。

【0138】そこで、この第2実施例では、両基板400、500の陽極接合の前に、透明なガラス製電極基板500側から光を照射し、異物の混入があるか否かを検査している。この際に、ガラス製電極基板500に形成される配線パターン部510は、Al、Agなどの金属に代えて、透明電極例えばITOとすることが好ましい。こうすると、ITOの表面に付着している異物をも検出可能となる。

【0139】(6)ボロンドープ層422のドライエッチング工程

ボロンドープ層422をエッチングするには、ウェットエッチングよりもドライエッチングが適している。その理由は、ウェットエッチングではボロンドープ層422のエッチング、水洗、乾燥の一連の工程で、外部から異物が付着したり、乾燥しみが発生したりすることがあるが、ドライエッチングではそれが無いからである。

【0140】ボロンドープ層422をドライエッチングするには、レジストパターン部424を耐エッチングマスク材にしている。このドライエッチングは、第1実施例の図4(F)の工程と同じ条件で実施できる。

【0141】(7)レジストパターン部424の剥離工程

このレジストパターン部424は、例えばUVアッシング装置により、ドライプロセスにてアッシングして除去することができる。

【0142】(8)カバーガラス基板とシリコン製ミラー基板との接合工程

このカバーガラス基板600は、第1実施例と同様に、精度の高い接合は不要であるため、陽極接合に代えて、接着剤による接合を行うこともできる。

【0143】(9)封止工程

ダイシング時の水や異物の進入を防止するために、図9に示す電極取出し開口412を封止材で封止する。ダイシング後に生ずる図9に示す微細な間隙511も、後に同様にして封止される。

【0144】(10)ダイシング工程

上述した各工程は、複数個の光変調素子を構成するための基板400、500及び600を複数組搭載できるシリコン基板あるいはガラス基板の状態で行われる。そしてカバーガラス基板600の接合工程が終了した後に、一つ一つの光変調素子に分離するためのダイシングが行われる。このダイシングの際に、図8に示す位置A～Dの位置に沿って、基板400、500及び600がそれぞれダイシングされることになる。これにより、組立中は相互に連結されていた複数本のトーションバー404がそれぞれ分離される。

【0145】(11)配線工程

最後に、分離された光変調素子のミラー電極410とアドレス電極512、514の端部512a、514aを、図示しない駆動回路に接続して配線を行う。これにより、光変調装置が完成する。

【0146】なお、上述の第1、第2実施例では、シリコン製ミラー基板とガラス製電極基板とを陽極接合した例を示したが、これに代えて他の接合方法を採用することもできる。他の例として、直接接合及び共晶接合を挙げることができる。

【0147】直接接合は、ミラー基板及び電極基板を共にシリコン基板とした場合に利用できる。シリコン基板を良く洗浄し、シリコン基板の接合面の濡れ性を良好とした後に、例えば赤外線顕微鏡を用いて室温下で位置合わせ及び仮止めを行う。その後、仮止めされたシリコン基板を800～1200℃、最適温度として1100℃にて、窒素雰囲気中で1～4時間熱処理することで、シリコン基板同士を直接接合することができる。ここで、シリコン基板の濡れ性が良好である時には、シリコン表面元素はSi-O-Hの結合になっている。これを熱処理することにより、脱水反応が生じてSi-O-Siの共有結合となり、シリコン基板同士が接合される。

【0148】共晶接合は、電極基板の接合面をアルミニウム(A1)または金(Au)とした時に利用できる。これらの金属は、300～350℃と比較的低温で合金化し易い。例えば、Au膜を電極基板上にスパッタ法に

て形成し、そのAu膜表面にシリコン製ミラー基板を接触させ、300～400℃で1～2時間熱処理すると、接合界面のAuがSi中に拡散してゆき、接合界面がなくなり接合される。

【0149】このように、電極基板の材質としては、採択される接合法に応じて種々選択できる。ただし、接合が加熱下で行われる場合には、シリコンと熱膨張係数が近いことが好ましい。

【0150】(第3実施例)以下に示す第3実施例は、微小ミラー402と第1、2のアドレス電極512、514との間のショートを実際に防止できる構成を示している。図11(A)に示すように微小ミラー402が第1、第2のアドレス電極512、514と対向する側の面には、絶縁膜416が形成されている。こうすると、微小ミラー402と第1、第2のアドレス電極512、514との間に万一異物10が存在したとしても、絶縁膜416によって、微小ミラー402と第1、第2のアドレス電極512、514との間のショートを防止できる。

【0151】微小ミラー402の裏面側に絶縁膜416を形成すると、図11(B)に示すように、第1、第2のアドレス電極512、514を微小ミラー402の傾動時の傾き角を決定するストッパーとして兼用することもできる。この種の絶縁膜は、例えば第1実施例に示す光変調装置の場合にあっては、図4(G)に示す熱酸化膜の剥離工程を省略することで実現できる。即ち、図4(C)にて形成した熱酸化膜114を、絶縁膜として兼用することができる。

【0152】微小ミラー402と第1、第2のアドレス電極512、514との間のショートを防止するためには、第1、第2のアドレス電極512、514の表面に、絶縁をスパッタ装置等の成膜装置によって形成してもよい。

【0153】微小ミラー402の裏面に絶縁膜416を形成した場合には、第1、第2のアドレス電極512、514の表面を粗面に形成するとよい。こうすると、微小ミラー402と接触する電極512、514の接触面積を少なくすることができる。粗面に形成しないと、微小ミラー402に形成された絶縁膜416に、ホットキャリアの帯電がおき、電極512、514への微小ミラー402の張り付きが生じてしまう。電極512、514の表面を粗面にするだけで、これらの弊害を防止できる。なお、この粗面は、好ましくは200オングストローム以上の高さを持つ凸部を電極表面に形成することで実現できる。

【0154】第1、第2のアドレス電極512、514の表面を粗面にするには、例えばスパッタ法による成膜時の条件を変えて粒径の大きなスパッタ粒子を用いて成膜するとよい。あるいは、蒸着法によって電極512、514を形成すると、その表面が粗面となる。

【0155】あるいは、図5(C)に示す凹部202等の形成のためのエッチング工程において、エッチング条件を変えてエッチング面を粗面にするにより、その上に形成されたITO膜面を粗面にすることができる。

【0156】微小ミラー402に形成された絶縁膜416と、電極512、514との接触面積を少なくするためには、図12に示すように、微小ミラー402の両端側であって、絶縁膜416の一部を下方に突出させたマイクロピラミッド416aを形成することもできる。このマイクロピラミッド416aを形成するには、図13(A)～(C)の工程を実施すればよい。まず、同図(A)に示すように、絶縁膜416上に平坦な第1の酸化膜430を形成する。その後この第1の酸化膜430上であって、微小ミラー402の両端部の位置に、局所的に第2の酸化膜432を形成する。

【0157】次に、この第1、第2の酸化膜430、432をエッチングする。こうすると、図13(B)に示すように、エッチング速度が全面にて均一であるとすれば、中央領域の第1の酸化膜430が完全に除去された後も、その周縁領域の第1の酸化膜430が残存している。その後引き続きエッチングを進行させると、中央領域の絶縁膜416の表面のみがエッチングされ、その端部の絶縁膜416がエッチングされないことになる。

【0158】そして、図13(C)に示すように、その端部に残存している酸化膜を除去することで、微小ミラー402の両端に、絶縁膜416にて形成されたマイクロピラミッド416aを形成することができる。

【0159】第1、第2のアドレス電極512、514によって微小ミラー402の裏面に形成した絶縁膜416の帯電を防止するには、図14に示すように、ガラス製電極基板500の凹部502より突出する絶縁性ストッパ530を設けることでよい。こうすると、微小ミラー402の傾斜駆動時であっても、その裏面側の絶縁膜416、第1、第2のアドレス電極512、514との距離を大きくとれることによって、帯電に伴う微小ミラー402の張り付きを防止できる。

【0160】(第4実施例)次に、第1実施例または第2実施例の光変調装置を用いて、プロジェクターを構成する実施例について、図15～図17を参照して説明する。

【0161】図15は、1段の光変調装置700を用いて、プロジェクターを構成した実施例を示している。同図に示す通り、プロジェクションランプ702から出射された白色光は、コンデンサレンズ704を介して回転式カラーフィルタ706に集光される。この回転式カラーフィルタ706は、R、G、Bの三色の色フィルターを有する。コンデンサレンズ704の集光位置に対して各色フィルターが回転配置されることで、順次異なる色の波長の光がフィルターを通過する。

【0162】回転式カラーフィルタ706の「R」、

「G」、「B」のフィルタを順次透過した光は、コンデンサレンズ708、反射ミラー710及びハーフプリズム712を経由して、光変調装置700に入射することになる。この光変調装置700では、外部からの映像信号に基づいて、上述した駆動法に従って、X方向（水平方向）の端から順次、微小ミラーを傾斜駆動させる走査を行い、かつ、Y方向（垂直方向）に順次走査することで、マトリクス状に配列された各々の微小ミラーにて入射光を反射させる。これにより、微小ミラーが配置されたマトリクス状の各画素にて、階調に応じて変調された反射光を得ることができる。

【0163】この反射光は、ハーフプリズム712を介して平行光としてプロジェクションレンズ714に入射され、このプロジェクションレンズ714を介してスクリーン716上にて拡大投影されることになる。

【0164】ここで、本実施例の光変調装置700は、偏光板を有することで光利用率の低い従来の液晶パネルと比べて、光利用効率は3倍以上あり、スクリーン716上に十分な明るさをもった画像を表示することが可能となる。

【0165】しかも、微小ミラーの応答速度は $20\mu\text{sec}$ と、従来の液晶の 30msec に比べて格段に速く、画像のちらつきをも防止することができる。さらには、従来の液晶パネルを利用する場合には、光利用効率が低いため、「R」、「G」、「B」に対応して3枚の液晶パネルを必要としていたため、各軸方向でのアライメント調整が極めて煩雑であった。

【0166】これに対して、本実施例の光変調装置700を用いれば、図15に示すように1段のみで十分な明るさを得られ、アライメント調整も極めて容易となる。

【0167】なお、この光変調装置700を、図16、図17に示すように、2段又は3段設けることもできる。図16の場合、回転式カラーフィルタ707は「G」、「B」のフィルタを有し、2つの光変調装置700の前段に2波長領域に分光する分光プリズム717が配置される。一方、図17の場合には、回転式カラーフィルタは用いられず、3つの光変調装置700の前段に3波長領域に分光する分光プリズム718が設けられる。こうして、光変調装置700を、いずれか2色の波長に兼用し、あるいは各波長毎に独立して2段または3段配置することも可能である。こうすれば、より明るく鮮明な画像をスクリーン716上に投影することが可能となる。

【0168】（第5実施例）図18は、本実施例の光変調装置720を、電子写真装置例えばレーザープリンタに適用した実施例を示している。この実施例では、光変調装置720が従来のポリゴンミラーの代用として用いられている。同図において、光変調装置720の複数の微小ミラー722は、レーザー光源724から出射されるレーザー光と平行な方向に沿って配列されている。

【0169】図18では、右側の端部に位置する微小ミラー722がON駆動された状態が示されており、この微小ミラー722のON駆動時に反射される反射光の進行方向前段には、感光ドラム730が配置されている。このとき、他の微小ミラーはOFF駆動であり、レーザー光を遮ることがない。

【0170】感光ドラム730は、図19に示すように例えば時計方向に回転可能となっている。この感光ドラム730の周囲には、露光ランプ732、現像装置734、転写装置736、クリーニング装置738、除電装置740がそれぞれ配置されている。図18に示す光変調装置720の各々の微小ミラー722を、図の右側から左側に順番に走査すると、予め露光ランプ732にて一定電位に帯電された感光ドラム730の表面電位は、微小ミラー722により変調された反射光に基づいて電位が変わり、潜像が形成される。感光ドラム730の回転により、現像装置734により潜像にトナーが付着されて現像され、転写装置736によりそのトナーが記録媒体744側に転写される。この記録媒体744は、その後段に設けられた定着ローラ742にて定着が行われた後に排紙される。また、転写が終了した後は、感光ドラム730上に残存するトナーがクリーニング装置738により回収され、除電ランプ740により除電されて初期状態に戻る。

【0171】このように、本実施例によれば、光変調装置720を従来のポリゴンミラーの代用として用いることができ、しかも光変調装置720は高密度実装が可能であってかつ応答速度が速いため、高い解像度の画像を記録媒体744上に記録することができる。

【0172】（第6実施例）この第6実施例は、本実施例の光変調装置を光スイッチングが可能な例えば光カードに適用した実施例を示している。図20に示すように、絶縁基板750上には、任意の誘導電圧を生じさせることができる複数例えば12個の誘導コイル752-1～752-12が設けられる。

【0173】この絶縁基板750上の端部には本実施例の光変調装置760が配置されている。そして、各々の誘導コイル752-1～752-12は、光変調装置760に設けられた6個の微小ミラーとそれぞれ対向する第1、第2のアドレス電極に、配線パターン754を介して接続されている。

【0174】この光カードからの光スイッチング信号を検出できるデバイスに、この光カードを挿入すると、絶縁基板750に形成された12個の誘導コイル752-1～752-12とそれぞれ対応してデバイス側の12個の誘導コイルが配置される。これに通電することで各々の誘導コイル752-1～752-12にて誘導電圧が生ずる。この誘導電圧に基づき、光変調装置760内の6個の微小ミラーを傾斜駆動させ、その反射光により変調された光スイッチング信号を得ることができる。

【0175】ここで、この光変調装置760は極めて小型に形成することができるので、携帯用のカード内に十分収容することができる。しかも、この光カードは磁気の影響とは無関係であるので、カード内のデータが読みとられて犯罪に使用されることを防止できる。

【0176】(第7実施例)この第7実施例は、本発明に係る光変調装置780を露光装置に組み込み、露光される半導体ウェハ770の表面に、ロット番号その他のウェハ固有の情報を書き込むために用いている。

【0177】ウェハ770が載置されるウェハ載置台772と対向して、その情報には露光のための光源774が設けられている。この光源774とウェハ載置台772との間には、光源774から出射された光を、所定のマスクパターン像として、ウェハ770上に縮小投影するレチクル776が設けられている。この露光装置に内蔵された光変調装置780は、光源774からの一部の光が入射される位置に配置され、微小ミラーがON駆動された際に、その反射光がウェハ770の所定の位置に入射するようになっている。

【0178】ここで、露光装置の光源774の波長は、g線、i線、エキシマレーザと、素子の高密度化に従い短波長となっている。もしこのような短波長の光を、液晶を用いた光スイッチング素子にて変調しようとするれば、封入された液晶はすぐに劣化してしまう。

【0179】本発明の光変調装置780は、微小ミラーにてこの短波長を反射するだけであるので、十分な耐久性を有する。

【0180】このように、本発明の光変調装置780を用いれば、光源774からの短波長の露光用の光を兼用して、ウェハ770上にID情報などを記録することができ、別個に光源を設ける必要がなくなる。

【0181】本発明に係る光変調装置は、上述の各種機器に応用されるものに限らず、光を階調変調するもの、あるいは単にON/OFF変調する各種の機器に適用することが可能である。例えば、光変調装置の微小ミラーにて反射された光を直接目視できるように構成し、絵や文字などのキャラクターを表示する広告用の看板、あるいは時計表示などにも適用することが可能である。

【0182】

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施例に係る光変調装置の組立分解斜視図である。

【図2】図1に示す装置に用いられる微小ミラーの拡大斜視図である。

【図3】(A)は微小ミラーの平面図、(B)は微小ミラーの側面図である。

【図4】(A)～(I)はそれぞれ、図1に示す光変調装置のシリコン製ミラー基板の製造プロセスを説明する概略断面図である。

【図5】(A)～(G)は、図1に示す光変調装置のガ

ラス製電極基板の製造プロセスを示す概略断面図である。

【図6】図4(I)の陽極接合工程を説明するための概略説明図である。

【図7】(A)は図1に示す複数の光変調装置が1枚のウェハ上から製造される状態を説明するための概略説明図、(B)はウェハから分離された一つの光変調装置の概略斜視図である。

【図8】本発明の第2実施例に係る光変調装置の組立分解斜視図である。

【図9】第2実施例に係る光変調装置の斜視図である。

【図10】(A)～(H)はそれぞれ、図8に示す装置の製造プロセスを説明する概略断面図である。

【図11】(A)及び(B)はそれぞれ、微小ミラーの裏面に絶縁膜を形成した本発明の第3実施例を説明するための概略説明図である。

【図12】微小ミラーの裏面に形成された絶縁膜の端部にマイクロピラミッドを設けた第3実施例の変形例を示す概略説明図である。

【図13】(A)～(C)はそれぞれ、図12に示すマイクロピラミッドを形成する工程を示す概略断面図である。

【図14】ガラス製電極基板に絶縁性ストッパを設けた第3実施例の変形例を示す概略説明図である。

【図15】1段の光変調装置を設けてプロジェクターを構成した本発明の第4実施例の概略説明図である。

【図16】2段の光変調装置を設けてプロジェクターを構成した第4実施例の変形例を示す概略説明図である。

【図17】3段の光変調装置を設けてプロジェクターを構成した第4実施例の変形例を示す概略説明図である。

【図18】本発明の光変調装置をポリゴンミラーの代用として用いて電子写真装置を構成した本発明の第5実施例の概略説明図である。

【図19】図18に示す電子写真装置の感光体回りの構成を説明するための概略説明図である。

【図20】光変調装置を光スイッチング装置としての光カードに適用した本発明の第6実施例を説明するための概略説明図である。

【図21】光変調装置を露光装置に内蔵した本発明の第7実施例を説明するための概略説明図である。

【図22】従来の光変調装置の組立分解斜視図である。

【図23】従来の光変調装置の光変調動作を説明するための概略説明図である。

【図24】(A)～(H)は、図22に示す従来の光変調装置の製造プロセスを示し、下層の上に中間層を形成するプロセスの概略説明図である。

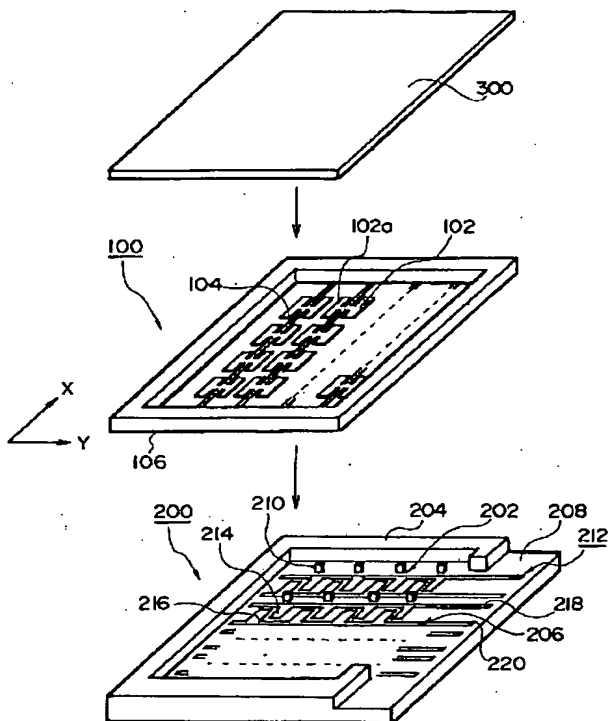
【図25】(A)～(F)は、図24で得られた中間層の上に上層を形成する従来のプロセスを示す概略説明図である。

【符号の説明】

100, 400 シリコン製ミラー基板
 102, 402 微小ミラー
 202a, 402a 反射層
 104, 404 トーションバー
 106, 406 枠状部
 110, 420 シリコン基板
 112, 422 ドープ層
 116 第1マスク
 118 第2マスク
 200, 500 ガラス製電極基板
 202, 502 凹部
 204, 504 立ち上り部
 210, 508 地中部
 212, 510 配線パターン部
 214, 512 第1のアドレス電極
 216, 514 第2のアドレス電極
 218, 516 第1の共通配線
 220, 518 第2の共通配線
 300, 600 カバーガラス基板

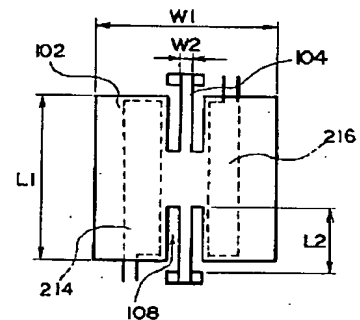
310 ホットプレート
 312 直流電源
 320, 770 半導体ウェハ
 700, 720, 760, 780 光変調装置
 702, 714 プロジェクションランプ
 706 回転式カラーフィルタ
 712 ハーフプリズム
 716 スクリーン
 724 レーザ光源
 730 感光ドラム
 734 現像装置
 736 転写装置
 750 絶縁基板
 752 誘導コイル
 754 配線パターン
 772 ウェハ載置台
 774 光源
 776 レチクル

【図1】

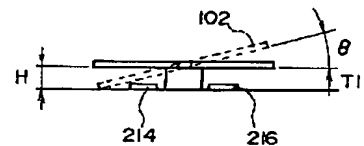


【図3】

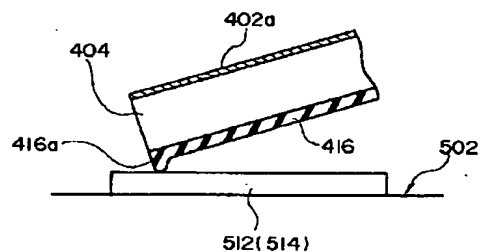
(A)



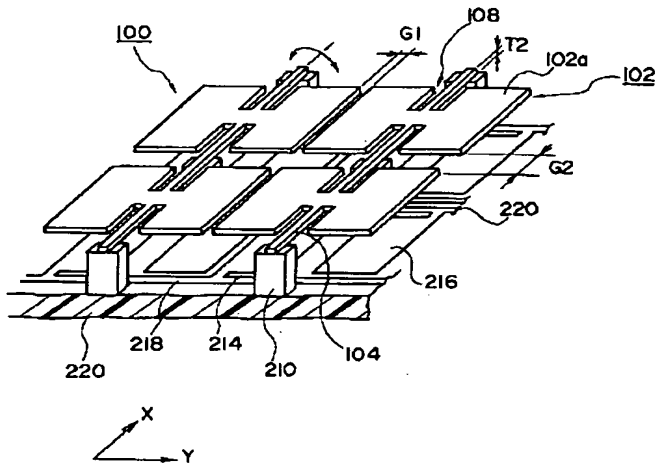
(B)



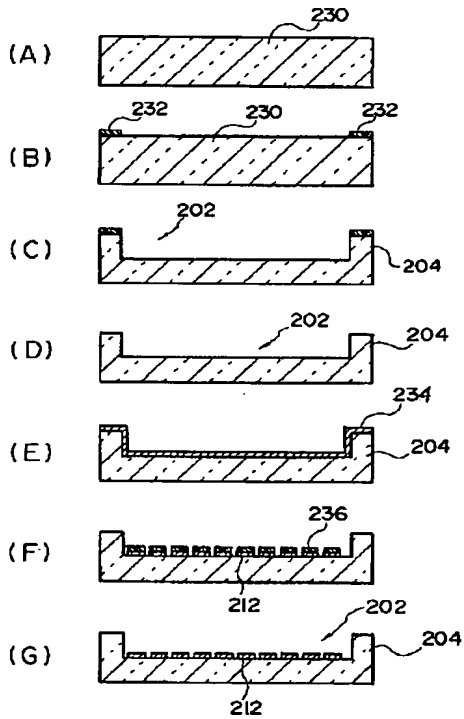
【図12】



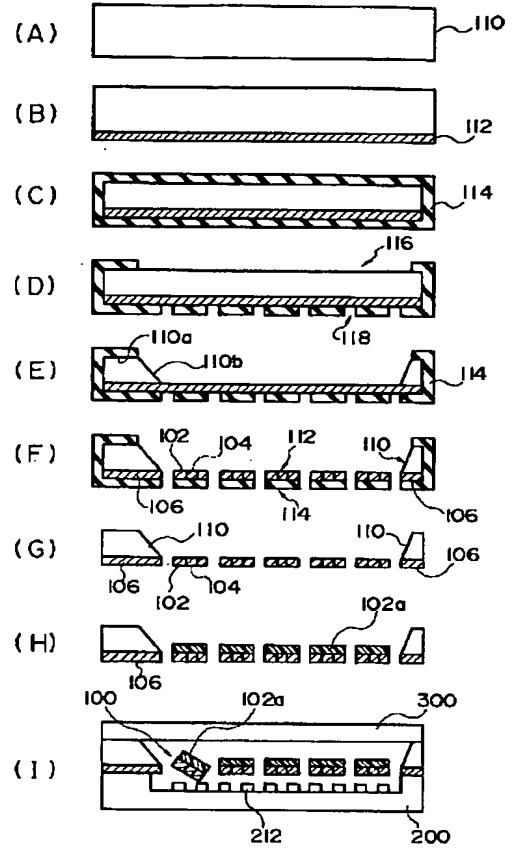
【図2】



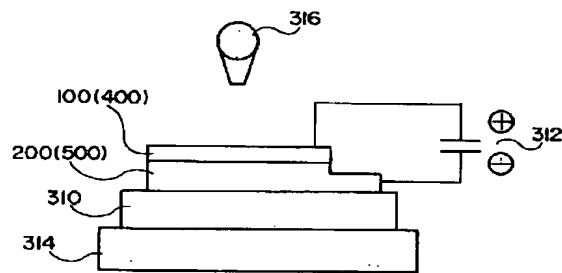
【図5】



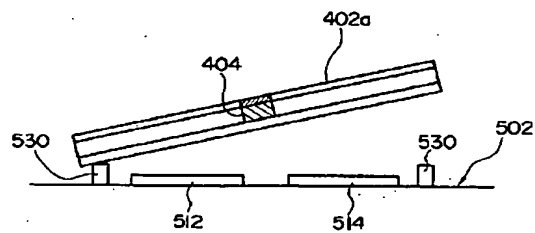
【図4】



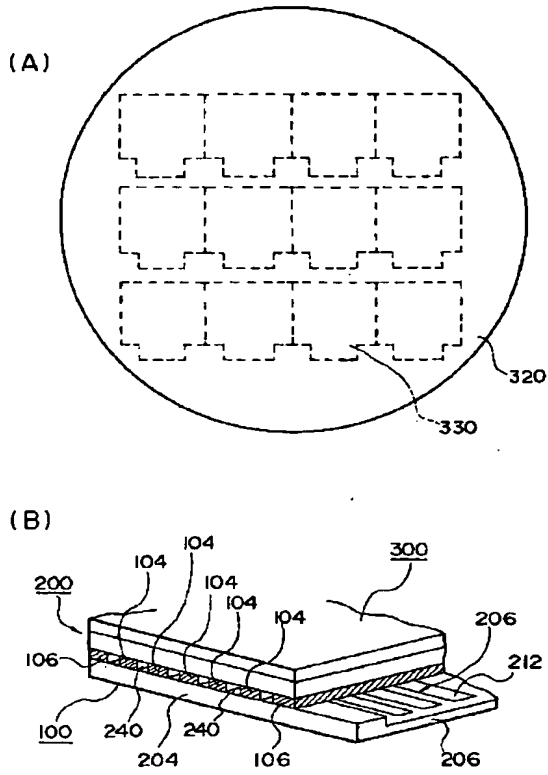
【図6】



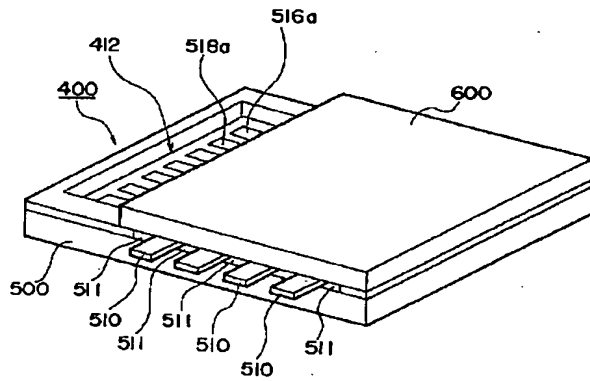
【図14】



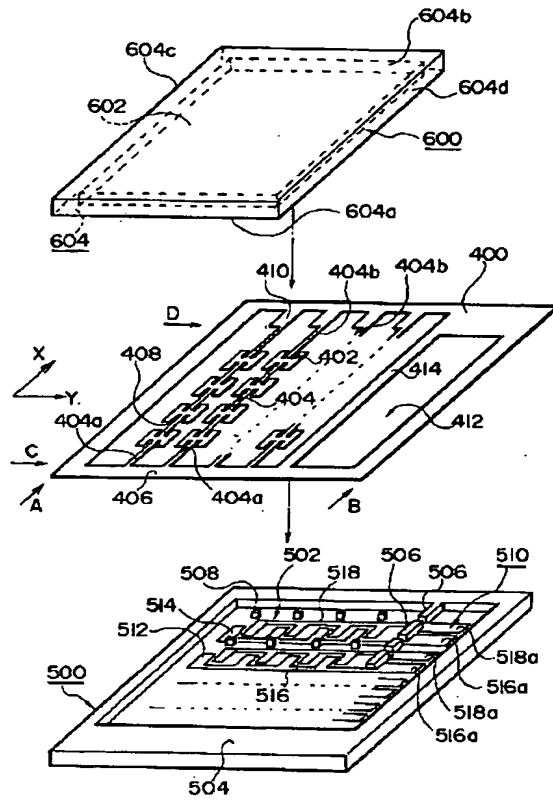
【図7】



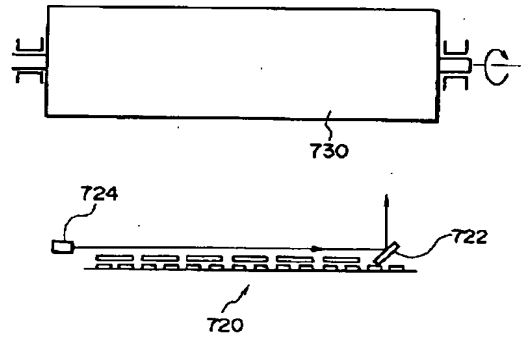
【図9】



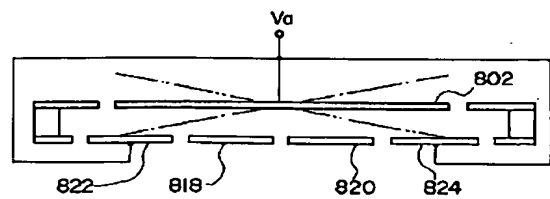
【図8】



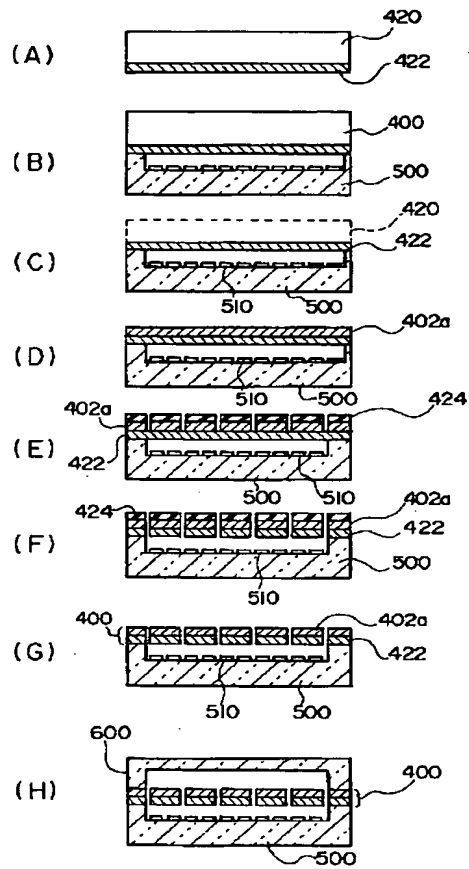
【図18】



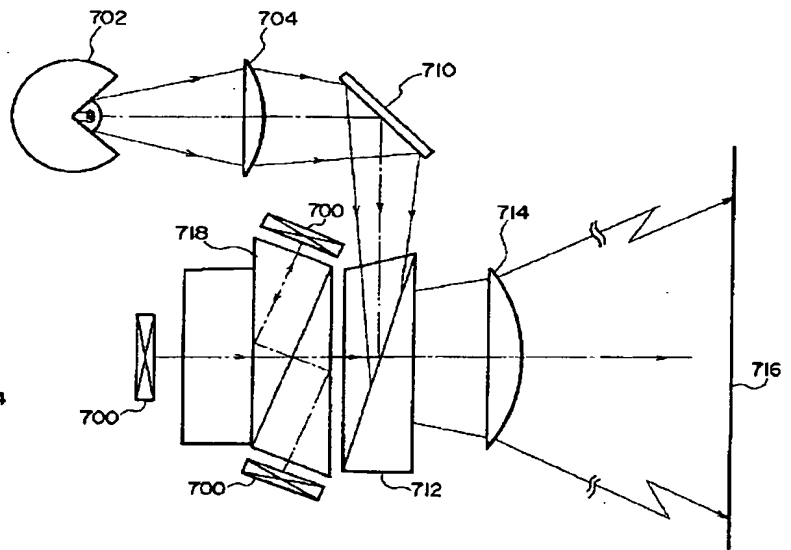
【図23】



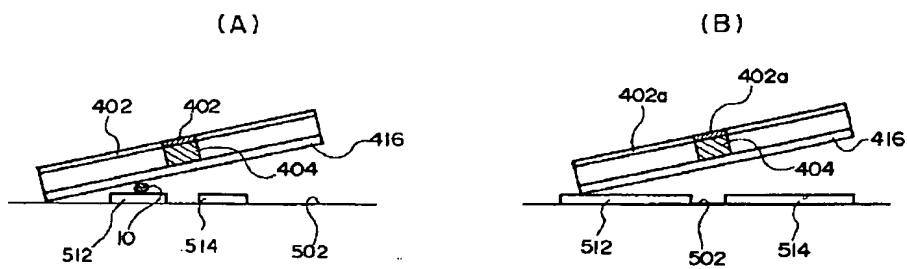
【図10】



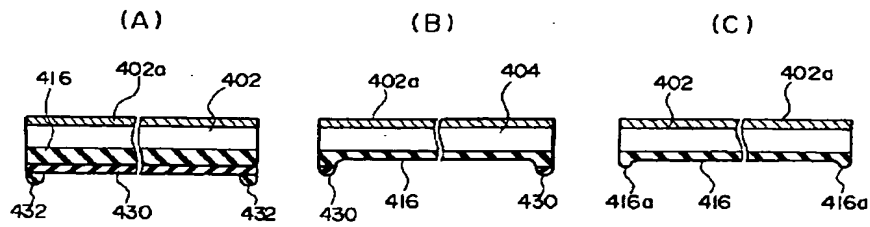
【図17】



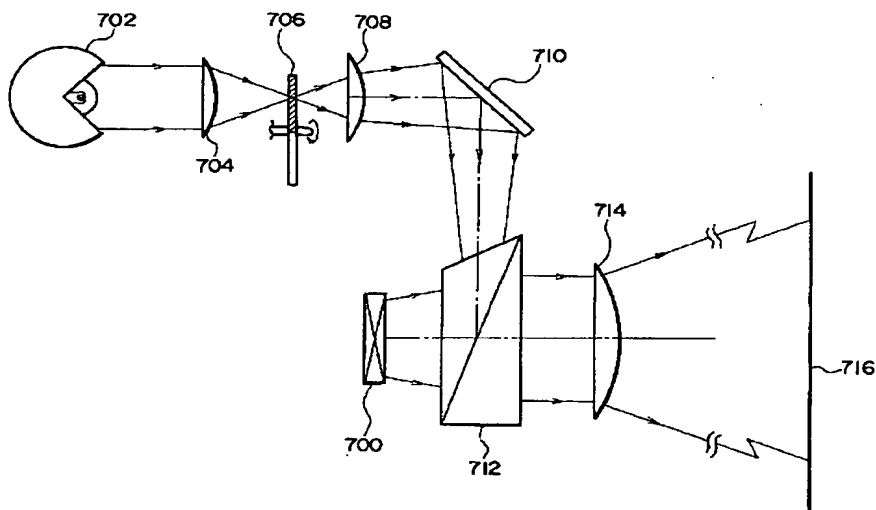
【図11】



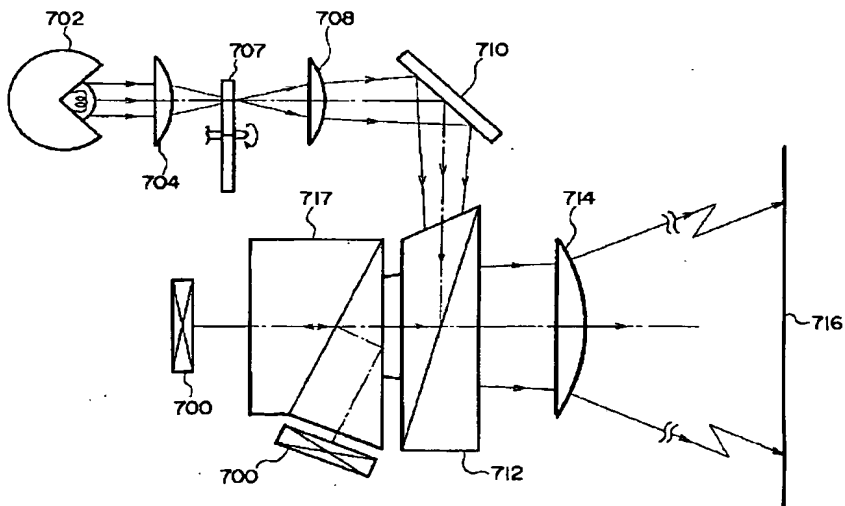
【図13】



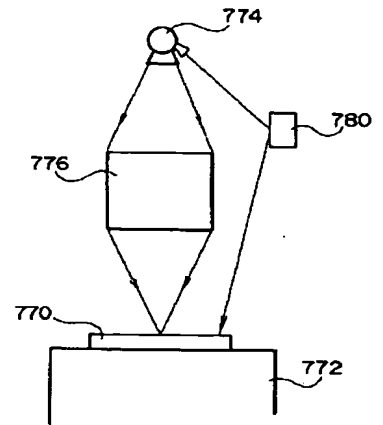
【図15】



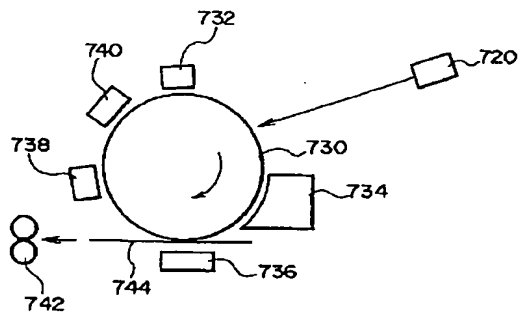
【図16】



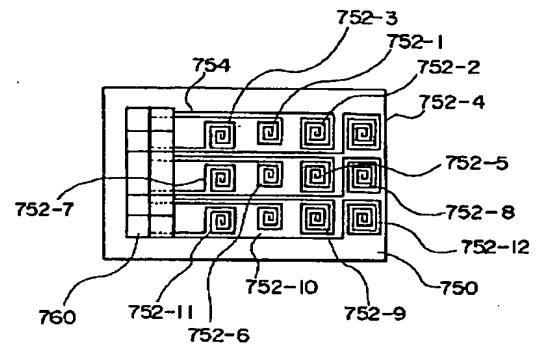
【図21】



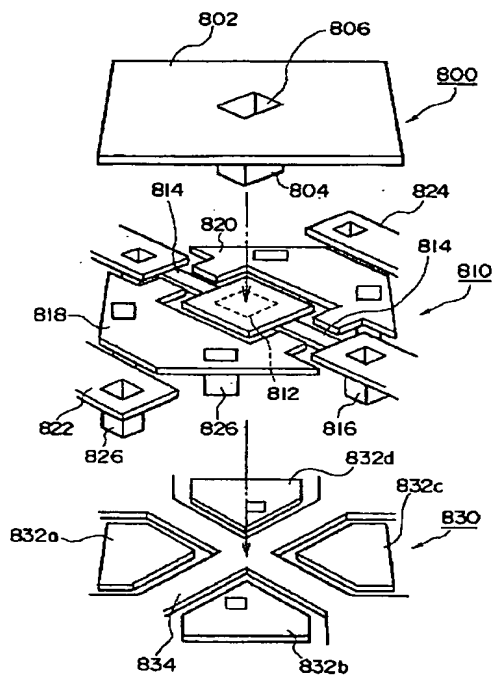
【図19】



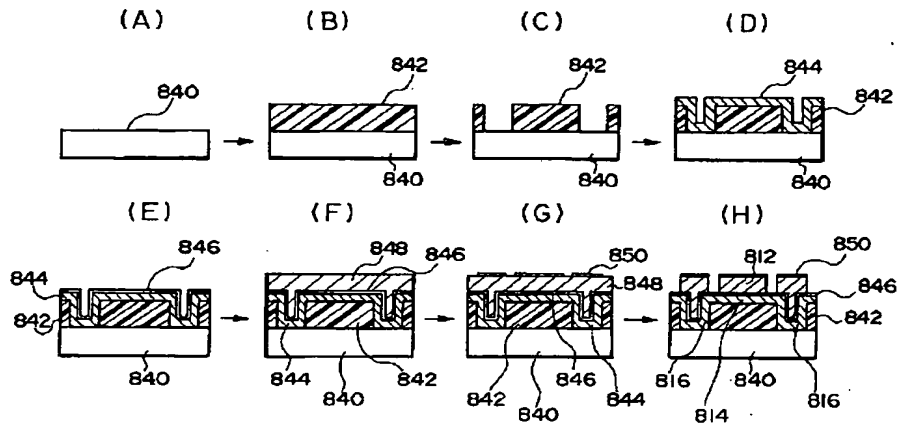
【図20】



【図22】



【図24】



【図25】

